Die Fortschritte in der Construction

der

Dampf-Maschine

während der neuesten Zeit.

Systematisch zusammengestellt und zum Gebrauche

für

Techniker, Maschinenbauer, Bauofficianten ꝛc.

bearbeitet

von

Dr. Robert Schmidt,

Civilingenieur, Inhaber eines öffentlichen Bureaus und einer Unterrichtsanstalt für die mechanischen Gewerbe in Berlin.

Dritter Band.

Die Fortschritte in den Jahren 1862—1863.

Mit 3 lithographirten Tafeln.

Leipzig, 1863.

A. Förstnersche Buchhandlung.

(Arthur Felix.)

Jeder Band bildet ein selbständiges Ganzes.

Die Fortschritte in der Construction

der

Dampf-Maschine

während der neuesten Zeit.

Systematisch zusammengestellt und zum Gebrauche

für

Techniker, Maschinenbauer, Baubeamte u.

bearbeitet

von

Dr. Robert Schmidt,

Civilingenieur, Inhaber eines öffentlichen Bureaus und einer Unterrichtsanstalt für die mechanischen Gewerbe in Berlin.

Dritter Band.

Die Fortschritte in den Jahren 1862—1863.

Mit 3 lithographirten Tafeln.

Leipzig, 1863.

A. Förstnersche Buchhandlung.

(Arthur Felix.)

Vorwort.

Der dritte Band meines Werkes: „Die Fortschritte in der Construction der Dampfmaschine", durch dessen Herausgabe ich mir die Aufgabe gestellt habe, dem angehenden wie ausführenden Techniker und Maschinenbauer nach geeigneten Zeitabschnitten die Verbesserungen des wichtigsten Motors, der Dampfmaschine, vor Augen zu führen, erscheint diesmal in Bezug auf den zweiten Band nach einem kürzern Zeitabschnitte, als es nach dem Vorworte des ersten Bandes ursprünglich in meiner Absicht lag. Einerseits durfte ich es einigermaßen als Pflicht gegen das betreffende Publikum ansehen, demselben hier möglichst schnell das zu bringen, was auf der letzten Londoner Ausstellung in Bezug auf Dampfmaschinen sich als mittheilungswerth empfahl, andererseits lagen auch andere wichtige Abhandlungen vor, deren allgemeine Verbreitung mir wünschenswerth schien; endlich haben die bei der Arbeit gemachten Erfahrungen, so wie der rege Gewerbefleiß und die immer häufiger werdenden Ausstellungen es überhaupt als geeignet erscheinen lassen, jene Zeitabschnitte abzukürzen.

Was die Anordnung dieses Bandes betrifft, so ist dieselbe im Allgemeinen die der vorhergehenden Bände geblieben, sowie auch wie bisher den stationairen und den verschiedenen locomobilen Dampfmaschinen die ausschließliche Aufmerksamkeit geschenkt worden ist. — In Rücksicht auf die bestehenden deutschen industriellen Verhältnisse erschien es mir ebensowol wünschenswerth, wie auch gewissermaßen als Pflicht, wenigstens die Gesetze der größern deutschen Staaten fortan dem Werke einzuverleiben, nachdem dies für das Königreich Preußen bereits geschehen war. Nach Sammlung derselben mußte ich indeß mein Vorhaben wegen Mangel an Raum wieder aufgeben, und mich mit der Ortsangabe der Gesetze der größern deutschen Staaten begnügen. Im Anschlusse hieran wird man außerdem einen Artikel „Dampfkessel-Revisionen in England" finden, der manche praktisch wichtige Notiz ent-

hält und vielleicht auch Beachtung für unsere Verhältnisse verdienen dürfte. Den locomobilen Dampfmaschinen, die auf der letzten Londoner Ausstellung so reich vertreten waren, und deren Bau auch in Deutschland ein bedeutender Industriezweig zu werden verspricht, ist in einem besonderen Abschnitte diesmal mehr Aufmerksamkeit geschenkt worden, als in den früheren Bänden geschehen konnte. Einige wichtige Abhandlungen endlich sind aus den betreffenden Zeitschriften in unverändertem Abdruck hier aufgenommen worden, weil ich durch Erfahrung die Ansicht gewonnen habe, daß die Feder bei Aufzeichnung eines Gegenstandes um so gewandter und sicherer ist, je mehr der Geist sich mit demselben beschäftigt hat, und ich nicht wichtige Arbeiten von ausgezeichneten Männern schmälern wollte.

Wenn höhere Ansprüche an diese Arbeit gemacht werden, die sich im Titel als „systematische Zusammenstellung" ankündigt, so werde ich gewiß mit Aufrichtigkeit die Ansicht theilen, daß sie nur eine unvollkommene ist. Um sie nach meiner Ansicht vollkommener zu machen, müßte zunächst das rein wissenschaftliche Gebiet in dieselbe hineingezogen, die neuen Erfindungen mit einer wissenschaftlichen Kritik beleuchtet und endlich in Bezug auf die praktische Brauchbarkeit der letztern die ausgedehntesten Verbindungen mit Unpartheiischen unterhalten werden.

Wenn ich nun auch einerseits mein Bedauern darüber aussprechen muß, mich nicht in der Lage zu befinden, dieser Arbeit das zu ihrer Vollkommenheit nöthige Opfer an Zeit bringen zu können, so tröstet mich andererseits der Umstand, daß durch die gewählte Form das Verständniß des Buches auch weitern, praktischen Kreisen zugängig gemacht worden ist. Trifft das Nützliche in demselben (und davon ist nach meiner Ansicht in jedem Bande reichlich vorhanden) recht Viele, so wird der zu erwartende Nutzen der größte sein. Der Einzelne wird freilich für die allgemeine praktische Anwendung manches Gegenstandes, den er dem Buche entnimmt, noch oft einige Arbeit haben, die ihm dann aber auch reichlich gelohnt werden wird.

Schließlich muß ich noch die Besitzer des zweiten Bandes dieses Werks um Entschuldigung bitten, wegen der mancherlei kleinen Fehler, welche bei einer etwas flüchtigen Correktur — die zum größten Theil auf der Reise von mir besorgt wurde — unbeachtet geblieben sind, wie ich auch um gefällige Nachsicht für diesen Band ergebenst bitte.

Berlin, im October 1863.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniß.

Verzeichniß der Journale, welche in den Jahren 1862 und 1863 erschienen sind und zum Theil bei dieser Arbeit benutzt wurden.

Gesetzliche Vorschriften.

Brennmaterialien.

Feuerungsanlagen.

Dampfkessel.

Garniturtheile der Dampfkessel.

Dampfmaschinen.

Details der Dampfmaschinen.

Transportable, locomobile und locomotive Dampfmaschinen.

Literatur

Journale,

welche in den Jahren 1862 und 1863 erschienen sind und zum Theil bei dieser Arbeit benutzt wurden.

1) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen.
2) Dingler's polytechnisches Journal.
3) Polytechnisches Cenralblatt.
4) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure.
5) Mittheilungen des hannoverschen Gewerbevereins.
6) Der Civil-Ingenieur.
7) Wochenschrift des schlesischen Vereins für Berg- und Hüttenwesen.
8) Eisenbahnzeitung.
9) Zeitschrift für Bauwesen.
10) Böttger's polytechnisches Notizblatt.
11) Henneberg's Journal für Landwirthschaft.
12) Die neusten Erfindungen.
13) Literatur- und Anzeigeblatt zur Förster'schen Bauzeitung.
14) Württembergisches Gewerbeblatt
15) Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereins.
16) Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen in dem preußischen Staate.
17) Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover.
18) Schweizerische polytechnische Zeitschrift.
19) Deutsche Industrie-Zeitung.
20) Breslauer Gewerbeblatt.
21) Berg- und hüttenmännische Zeitung.
22) Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.
23) Deutsche illustrirte Gewerbe-Zeitung.
24) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.
25) Monatsschrift des Gewerbevereins zu Cöln.
26) Bulletin de la Société d'Encouragement.
27) Armangaud's Génie industriel.
28) Annales des Mines.

29) Revue universelle.
30) Moniteur industriel.
31) Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
32) Armangaud's Publication industrielle.
33) Moigno's Cosmos.
34) Annales des Travaux publics de Belgique.
35) Comptes rendus.
36) Chemical News.
37) The Artican.
38) Mechanic's Magazine.
39) Civil Engineer and Architect's Journal.
40) Practical Mechanic's Journal.
41) London Journal of arts.
42) Repertory of Patent-Inventions.
43) Silliman's american Journal of Science et Arts.
44) Annales du Conservatoire des ars et métiers.

Gesetzliche Vorschriften.

(Bd. II. S. 1—15 u. S. 155.)

In dem vorigen Bande dieses Werkes hatten wir die gesetzlichen Vorschriften mit aufgenommen, welche in Preußen über die Anlage von Dampf-Kesseln und Maschinen erschienen, und soweit dieselben bis am Schlusse des Jahres 1860 noch in Kraft standen. Im Nachfolgenden werden wir diese Gesetze vervollständigen. — Bei den industriellen Verhältnissen Deutschlands würde es vollkommen gerechtfertigt erscheinen, wenn wir die bezüglichen Gesetze anderer deutschen Staaten ebenfalls diesem Werke einverleibten; da jedoch dies der uns dargebotene Raum nicht gestattet, so wollen wir im Nachfolgenden wenigstens die Druckschriften angeben, welche dieselben für die größeren deutschen Staaten enthalten und welche für vorkommende Fälle in leichter Weise zugängig sind. Im Anschlusse hieran werden wir noch einen Artikel schließen, welcher über die in neuester Zeit stattfindenden „Dampfkesselrevisionen Englands" Notizen enthält, die sowol für den Dampfkesselbau im Allgemeinen nicht unwichtig sind, als auch vielleicht Beachtung für unsere Verhältnisse verdienten.

A. Preußen.

1) Circular-Erlaß vom 5. März 1863, betreffend die Ausführung der Druckprobe bei Dampfkesseln.

Es sind Zweifel über das Maß des Druckes hervorgetreten, mit welchem die, vor Erlaß des Regulativs, betreffend die Anlage von Dampfkesseln, vom 31. August 1861 (Bd. II d. W. S. 9—15), genehmigten Dampfkessel bei den, nach § 14 dieses Regu-

lativs vorzunehmenden Wiederholungen der Druckprobe zu prüfen sind. Um eine gleichmäßige Ausführung zu sichern, bestimme ich, daß die Druckprobe, welche stattzufinden hat,

a) nach Reparaturen, welche in der Maschinenfabrik haben ausgeführt werden müssen;

b) wenn feststehende Kessel an einer anderen Betriebsstätte aufgestellt werden,

bei solchen Dampfkesseln, für welche die polizeiliche Genehmigung vor dem Tage ausgefertigt ist, an welchem das Regulativ vom 31. August 1861 in Kraft trat, nicht mit dem dreifachen, beziehungsweise zweifachen, sondern mit dem anderthalbfachen Betrage des dem Druck der beabsichtigten Dampfspannung entsprechenden Gewichts auszuführen ist.

Die königliche Regierung wolle hiernach die Aufsichtsbeamten ihres Bezirks mit der erforderlichen Anweisung versehen.

2) Polizei-Verordnung, vom 9. März 1863, der königlichen Regierung zu Bromberg über den Transport mittelst Straßenlocomotiven.*)

1) Bei den Transportzügen dürfen der Lokomotive nicht mehr als 6 Transportwagen angehängt werden.

2) An der Lokomotive ist an der Esse ein Funkenfänger anzubringen, der Aschenkasten aber muß so eingerichtet sein, daß während der Fahrt keine Brennstoffe herausfallen und daß derselbe vom Lokomotivführer gänzlich geschlossen und wieder geöffnet werden kann.

3) Fährt die Lokomotive an nicht feuersicher eingedeckten Dächern in weniger als 5 Ruthen Entfernung vorbei, so ist der Luftzug durch die Feuerung und das Blaserohr schon 10 Ruthen vor denselben möglichst abzusperren und erst 5 Ruthen hinter ihnen wieder zu öffnen.

4) Nur solche Leute, welche die unterzeichnete Regierung für zuverlässig und in den ihnen obliegenden Verrichtungen gehörig erfahren erachtet, dürfen als Lenker der Transportzüge und namentlich als Maschinisten verwendet werden.

5) Die Dampfzüge dürfen nur nach Maßgabe des für dieselben vorgeschriebenen Fahrplanes stattfinden, welche die Gesellschaft pünktlich einzuhalten hat. Auf den Fahrten darf die Geschwindigkeit der Züge im freien Felde und durch bewohnte Straßen resp. 30 und 60 Minuten pro Meile nicht übersteigen.

6) Bei der Annäherung an Ortschaften, Kreuzwege, Fuhrwerke 2c. hat der Zugführer Signale zu geben und sich dabei des Horns zu bedienen. Außerdem ist bei Nachtzügen die Lokomotive und der letzte Wagen, die eine wie der andere mit einer hellleuchtenden Laterne mit rothem Lichte zu versehen.

7) Außer dem zur Lenkung und Bedienung des Zugs erforderlichen Personale müssen jedem Zuge wenigstens noch zwei Leute beigegeben werden, um scheu werdende Pferde zu beruhigen, oder bei andern Störungen, Wegräumung von Hindernissen 2c.

---

*) Es ist dies die erste derartige Polizeiverordnung im preußischen Staate, welche den Gebrauch einer Straßenlokomotive, und zwar nur für den Bezirk, innerhalb dessen der Betrieb der Gesellschaft „Weichselthal" sich bewegt, regelt.

hülfreiche Hand zu leisten. In allen solchen Fällen ist der Zug in gehöriger Entfernung anzuhalten.

8) Die größte Breite der Lokomotive darf nicht 7 Fuß 6 Zoll und die der Lastwagen nicht 6 Fuß übersteigen.

9) Die Züge dürfen nur auf der Steinbahn und zwar auf der Materialien-Bankettseite derselben fahren.

10) Bei Glatteis oder glatter Schneebahn muß der Betrieb der Transportzüge, wenn deren Ausgleiten oder Schlenkern nicht etwa durch Sandstreuen oder andere erlaubte Mittel gänzlich verhütet werden kann, ganz ausgesetzt werden.

11) Das Be- und Entladen der ganzen Züge oder einzelner Theile derselben, sowie überhaupt jedes andere als hier vorgeschriebene Anhalten derselben auf der Chaussee und auf den Straßen und Plätzen der zu passirenden Ortschaften ist untersagt.

12) Die Radfelgenbreite der Transportwagen muß den Vorschriften des Gesetzes vom 17. März 1839 über den Verkehr auf den Kunststraßen entsprechen, die der Treibräder der Lokomotive wird dagegen auf mindestens 16 Zoll normirt.

13) Die Fläche dieser Felgen — auch die der Lokomotivräder — darf weder konvex noch konkav sein, auch keine hervorragenden Ringe, Köpfe, Dornen u. s. w. haben und erhalten.

14) Bei vorkommenden Schneeräumungen, sowie bei Reparaturen oder Instandsetzungen der Fahrbahn der Chaussee und der zu passirenden städtischen Straßen sind die Gesellschaft, resp. deren Bedienstete verpflichtet, den Anordnungen des Kreis- (Provinzial-) Baubeamten, resp. der Orts-Polizeibehörde Folge zu leisten. Uebertretungen dieser Verordnung, sei es, daß sie von der Gesellschaft selbst, oder von deren Beamten oder Arbeitern begangen werden, werden gegen die Gesellschaft mit einer Polizeistrafe bis zu dem Betrage von 10 Thalern für jeden einzelnen Fall gerügt. Bei Uebertretung der Vorschrift ad 11 in Betreff der Radfelgenbreite der Transportwagen bewendet es bei der Strafbestimmung des § 15 des Gesetzes vom 17. März 1839. Im Uebrigen bleibt die Gesellschaft „Weichselthal," abgesehen von den gegen die Chaussee-Verwaltung desfalls übernommenen besonderen Verpflichtungen, für allen Schaden, welcher durch den in Rede stehenden Kohlentransport jener Verwaltung oder andern Dritten verursacht werden möchte, nach Maßgabe der Gesetze verhaftet.

B. Oesterreich.

Die gesetzlichen Vorschriften für die Anlage von Dampfkesseln u. s. w. für das Kaiserthum Oesterreich sind in den Jahren 1854—1860 erlassen, und in dem „Reichs-Gesetz-Blatt für das Kaiserthum Oesterreich" enthalten.

1) Verordnung, vom 11. Februar 1854, in Betreff der zu beobachtenden Sicherheitsmaßregeln gegen die Gefahr der Explosion bei Dampfkesseln aller Art. R.-G.-B. 1854, XVIII. Stück.

2) Verordnung, vom 7. Mai 1855, betreffend die zu beobachtenden Sicherheitsmaßregeln gegen die Gefahr der Explosion bei Dampfkesseln aller Art (Erläuterung des § 23) R.-G.-B. 1855, XXII. Stück.

3) Verordnung, vom 12. April 1856, betreffend die zu beobachtenden Sicherheitsmaßregeln bei der Translocation oder dem Verkaufe von alten, bereits abgenutzten Dampfkesseln (Erläuterung zu 1). R.-G.-B. 1856. XVI. Stück.

4) Verordnung, vom 15. September 1858, in Betreff der Prüfung der, zur Bedienung oder Ueberwachung einer Dampfmaschine oder eines Dampfkessels, sowie zur Führung einer Lokomotive oder eines Dampfschiffs, zu verwendende Individuen. R.-G.-B. 1858. XL. Stück.

5) Verordnung, vom 17. December 1860, rücksichtlich der zu beobachtenden Sicherheitsmaßregeln gegen die Gefahr der Explosion der mit einem hermetisch verschließbaren Deckel versehenen Kochapparate oder Kessel. R.-G.-B. 1860. LXXVIII. Stück.

C. Sachsen.

Die gesetzlichen Vorschriften für die Anlage von Dampfkesseln u. s. w. für das Königreich Sachsen sind in den Jahren 1849—1862 erlassen. Der Reihenfolge nach zusammengestellt findet man dieselben in der kleinen Druckschrift: „Gesetzliche Verordnungen, die Anlegung von Dampfkesseln betreffend." Dresden, bei C. C. Meinhold und Söhne.

D. Hannover.

Eigentliche gesetzliche Vorschriften für das Königreich Hannover sind erst in neuester Zeit erlassen; dagegen bestehen seit dem Jahre 1855 specielle Vorschriften für Dampfkesselanlagen im Bereiche der Polizei-Direktion der Königl. Residenzstadt, des Amtes Hannover und des Amtes Linden. Die erwähnten Vorschriften, vom 2. Februar 1855 und 26. Februar 1856, finden sich im Zusammenhange in den „Mittheilungen des Gewerbe-Vereins für das Königreich Hannover," 1860, S. 322—324 abgedruckt. — Zwei neuere Verordnungen, vom 25. und 26. März 1863, den Betrieb beweglicher Dampfmaschinen (Locomobilen) betreffend, befinden sich in der „Gesetz-Sammlung für das Königreich Hannover," 1863, Nr. 14.

E. Württemberg.

Die gesetzlichen Vorschriften für die Anlage von Dampfkesseln u. s. w. für das Königreich Württemberg sind in den Jahren 1857 und 1858 erlassen, und in dem „Regierungsblatt für das Königreich Württemberg" enthalten.

1) Verordnung, vom 4. April 1857, in Betreff der bei Herstellung, Aufstellung und dem Gebrauch von Dampfkesseln zu beobachtenden Sicherheitsmaßregeln. R.-B. 1857, Nr. 3.

2) Instruktion zu der Ministerial-Verfügung vom 4. April 1857, Dampfkessel betreffend. R.-B. 1858, Nr. 2.

F. Bayern.

In dem Königreich Bayern ist bis jetzt eine gesetzliche Verordnung über die Anlage von Dampfkesseln u. s. w. nebst den dazu gehörigen Instruktionen erlassen, und zwar im October des Jahres 1852. Dieselbe findet sich abgedruckt in dem „Kunst- und Gewerbeblatt für das Königreich Bayern," 1852, S. 779—812.

G. Dampfkessel-Revisionen in England.

Im Jahre 1854 bildete sich in Manchester eine Gesellschaft zum Zwecke der Verhütung von Dampfkesselexplosionen unter dem Namen „Association for the prevention of steam-boiler-explosions," welche in dem ersten Jahre ihres Bestehens 269 Mitglieder mit 843 Dampfkesseln, im Jahre 1861 bereits 430 Mitglieder mit 1454 Dampfkesseln zählte und sich nunmehr nicht blos auf Manchester beschränkt, sondern die ganze gewerbliche Umgegend von Leeds bis Liverpool und von Preston bis Sheffield umfaßt. An der Spitze der Gesellschaft steht William Fairbairn als Präsident des ausführenden Comité's, und für die Revisionen der Dampfkessel, welche jährlich viermal vorgenommen werden, sind ein Oberingenieur und mehrere Inspectoren angestellt. Wir geben im Folgenden einen Auszug aus dem Berichte des Oberingenieurs an das ausführende Comité der Gesellschaft für das Jahr 1861.

Von den vier jährlichen Inspectionen der Dampfkessel wird eine von dem Oberingenieur der Gesellschaft vorgenommen, die drei übrigen geschehen durch die Inspectoren. Je nach dem Wunsche der Kesselbesitzer kann eine der letzteren eine „innere" und „vollständige" sein, während die übrigen nur „äußerliche" sind. Bei der vollständigen Revision werden die Kessel nicht blos im Innern untersucht, sondern es werden auch die äußern Platten, so weit man durch die Züge zu denselben gelangen kann, nachgesehen, die Dicke derselben gemessen und, wenn es die erste Revision ist, eine genaue Zeichnung des Kessels aufgenommen. Hierbei wurden im Jahre 1861 als gefährlich befunden:

wegen	Bruch in den Platten und Winkeleisen	6	Kessel,
„	Rost	21	„
„	mangelhafter Sicherheitsventile	5	„
„	fehlender Sicherheitsventile	4	„
„	mangelhaften Abblaseapparates	7	„
„	Beschädigung aus Wassermangel	9	„

Nicht gefährlich, aber in unbefriedigendem Zustande befanden sich:

wegen	Bruch der Platten 2c.	80	Kessel,
„	Rost	173	„
„	mangelhafter Sicherheitsventile	163	„
„	mangelhafter Abblaseapparate	194	„
„	mangelhafter Wasserstandszeiger	127	„
„	mangelhafter Speiseapparate	24	„
„	mangelhafter Speise- und Gegendruckventile	97	„
„	verbogener Feuerröhren	101	„

Um Mißverständnisse zu verhüten, muß hierbei bemerkt werden, daß die Zahl der defecten Kessel nie eine so große war, wie man wohl auf den ersten Blick hieraus ent-

nehmen möchte, sondern daß das Vorstehende nur eine Zusammenstellung aller überhaupt während des Jahres vorgefundenen Mängel ist.

Brüche von Blechplatten und Winkeleisen. — Fast alle Fälle dieser Art rühren von der ungleichmäßigen Ausdehnung der verschiedenen Theile des Kessels her; der bei weitem größte Theil derselben kommt bei den Kesseln mit zwei inneren Feuerröhren vor, und zwar erfolgt der Bruch gewöhnlich in der Mitte derselben in den unteren Platten, namentlich wenn die Kessel sehr lang sind, das Feuer zuletzt unter dem untern Theil des Kessels durchstreicht, das Speisewasser ebendaselbst eintritt und nicht gehörig vorgewärmt ist und die Zwischenräume zwischen der Kesselwandung und den Feuerröhren so eng sind, daß die Circulation des Wassers behindert ist. Die Brüche in den Winkeleisen kommen am häufigsten beim Anschluß der Feuerröhren an die Kesselwandung vor und rühren von dem fortwährenden Zwängen und Zerren her, welches in denselben durch die zeitweise Ausdehnung und Zusammenziehung des oberen Theiles der Röhren hervorgerufen wird. Es empfiehlt sich daher, die Verbindung der Platten hier so einzurichten, daß denselben eine geringe Bewegung möglich ist.

Wo die Feuerröhren durch eine Flantsche mit der Kopfplatte verbunden sind und der Raum zwischen den Röhren eng ist, bricht die Flantsche leicht ab, und die Reparatur ist in diesem Falle schwierig. Doch kommt diese Construction bei neuen Kesseln wohl nicht mehr vor. Brüche aus Ueberhitzung der Platten, welche durch Kesselsteinbildung oder aus anderen Ursachen entstanden, kommen nur selten vor und sind leicht erklärlich.

Rost. — Verrostung der Bleche im Innern des Kessels rührt stets von der Beschaffenheit des Speisewassers her, und solches Wasser wirkt namentlich bei Kesseln, welche nicht ganz sorgfältig gefertigt sind, auf schnelle Zerstörung hin. Kleine Undichtheiten an den Stößen, welche sich sonst beim Gebrauch bald schließen, werden dadurch von Tage zu Tage weiter ausgefressen. Die Gesellschaft hat durch einen Chemiker alles Speisewasser in ihrem Districte analysiren lassen, um die Mittel gegen das Verrosten der Kessel aufzufinden, und namentlich Soda mit vielem Erfolge dagegen angewendet.

Der äußere Rost entsteht sehr häufig dadurch, daß die Stöße oder Niete der Bleche undicht sind und wirkt namentlich dann sehr zerstörend, wenn der durch die Undichtheiten dringende Dampf oder das Wasser von dem Mauerwerk an den Platten zurückgehalten wird. Darum sind denn auch diejenigen Kessel, deren unterer Feuerzug durch eine Zunge (mid feather) der Länge nach getrennt ist, auf welcher der Kessel ruht, dem Roste sehr ausgesetzt.

Es helfen hiergegen nur eine durchaus sorgfältige Ausführung des Kessels, gutes Material und eine vollständige und accurat gearbeitete Garnitur. Undichtheiten der Mannlöcher, Probirhähne, Wasserstandsgläser &c. sind häufig die Ursachen des Rostes. Es empfiehlt sich daher, den Kessel nach seiner Aufstellung, jedoch vor der Einmauerung, mit der Druckpumpe zu prüfen und alle sich dabei ergebenden Undichtheiten zu beseitigen.

Sicherheitsventile. — Es ist wünschenswerth, daß dieselben dem Heizer stets sichtbar sind und nur ein nach dem höchsten Dampfdrucke zu bestimmendes Gewicht an dem Belastungshebel, und zwar an dem äußersten Ende desselben, angebracht sei, oder, wenn das Gewicht nicht am Endpunkte des Hebels angebracht werden kann, an der entsprechenden Stelle desselben festgenietet werde, damit jedermann den Kesselwärter controliren kann. Es empfiehlt sich aus diesem Grunde nicht, das Ventil und die Belastung zu verschließen, sondern dies ist im Gegentheil schädlich, weil der Kessel

gewöhnlich durch den in dem Verschlußkasten condensirten, abgeblasenen Dampf, welcher auf die Blechplatten tröpfelt, beschädigt wird.

Abblasevorrichtungen. — Es wird empfohlen, denselben eine ganz besondere Sorgfalt zu widmen, da ihre Anwendung vorzugsweise für die Erhaltung der Kessel von Werth ist. Bei den sehr verschiedenen Einrichtungen derselben ist hauptsächlich darauf zu sehen, daß sie bequem und gefahrlos zu handhaben sind und daß ein gehörig weites Abflußrohr vorhanden ist, damit das Fundamentgemäuer des Kessels nicht vom Wasser durchdrungen werde und in Folge dessen die Platten desselben rosten.

Speisevorrichtungen. — Die Ventile, welche behufs Speisung des Kessels erst durch eine Schraubenspindel gegen den Druck des Speisewassers geöffnet werden müssen, sind durchaus verwerflich, weil es vorkommt, daß die Spindel abbricht, das Ventil alsdann in seinen Sitz zurückfällt und den Kessel von dem Speisewasser gänzlich abschließt. Es sind hierdurch vielfache Störungen, sogar Explosionen und Verluste von Menschenleben hervorgerufen. Diese Ventile werden daher am besten weggelassen und die Speisung dadurch geregelt, daß der Hub des Gegendruckventils durch eine Schraubenspindel, welche sich über demselben befindet, aber nicht mit ihm verbunden ist, regulirt wird.

Was die Stellung des Gegendruckventils betrifft, so erscheint es am zweckmäßigsten, dasselbe an der Kopfplatte des Kessels neben dem Wasserstandglase anzubringen; der Heizer kann hier das Klappen des Ventils hören, es ist ihm besser zugänglich, als wenn es oben auf dem Kessel angebracht ist, und die Speisung kann von ihm regulirt werden, ohne daß er den Feuerplatz zu verlassen braucht.

Wasserstandsgläser. — Ein einziges Wasserstandsglas genügt für einen Dampfkessel nicht, sondern es müssen deren zwei oder noch ein Schwimmer angebracht sein. Neuerdings hat man eine Vorrichtung erfunden, mittelst deren das Innere des Kessels erleuchtet wird und man in denselben hineinsehen kann;*) diese Erfindung empfiehlt sich sehr, um den Stand des Wassers im Kessel zu beobachten.

Beschädigungen durch Wassermangel. — Dieselben entstanden in einem Falle durch Unvorsichtigkeit des Heizers, in einem andern Falle durch Schadhaftigkeit des Abblasezapfens, und in noch anderen deshalb, weil das Wasserstandsglas zerbrochen und kein anderer Wasserstandszeiger vorhanden war.

Unter Bezugnahme auf mehrfache Beispiele wird bestritten, daß die Kessel mit innerer Feuerung in ihrem Betriebe gefährlicher seien, als diejenigen Kessel, welche von unten geheizt werden, da gerade bei den letzteren es öfters vorkomme, daß Platten, obgleich sie vom Wasser bedeckt sind, erglühen und Beulen oder Lecke bekommen.

Kesselsteinbildung. — Das wirksamste und sicherste Mittel hiergegen ist ein regelmäßiges Abblasen des Kesselwassers und zwar zwei- oder dreimal täglich zu der Zeit, wo die Maschine still steht und das Wasser zur Ruhe gekommen ist, so daß der Schlamm sich unten am Kessel hat setzen können. Auch ist es nicht genügend, nur durch eine einzige Oeffnung am Boden des Kessels zeitweise abzublasen, sondern es muß die Wirkung durch die ganze Länge des Kessels gleichmäßig sein, wenn die Kesselsteinbildung stark ist, und es empfiehlt sich dazu ein durchlöchertes Rohr, das von einem Ende des Kessels bis zu dem anderen durchgeht.

Außerdem muß aber auch dafür gesorgt werden, daß diejenigen zur Kesselsteinbildung geeigneten Theilchen, welche als Schaum auf dem Wasser schwimmen, bevor

---

*) Uns ist zur Zeit dieselbe noch nicht bekannt geworden.

sie sich an die Kesselplatten setzen können, abgeblasen werden, und dies geschieht bei den Marinekesseln bereits allgemein durch eigens zu diesem Zwecke angebrachte Röhren.

Der Gebrauch von Soda bei kalkhaltigem Speisewasser hat sich sehr vortheilhaft erwiesen.

Construction der Kessel. — In neuerer Zeit ist man allgemein darauf bedacht, die Feuerröhren 2c. in ihren Wandungen gehörig zu verstärken durch Flantschen, T=Eisen und Winkeleisen beliebiger anderer Formen. Auch geht man davon ab, die Kesselwandungen durch große Oeffnungen für die Dampfdome (welche oft 3 bis 4 Fuß im Durchmesser hatten) oder durch eine zu große Anzahl kleinerer Oeffnungen neben einander oder in einer Reihe zu schwächen. Bei einer sehr folgenschweren Explosion fand sich, daß der Kessel gerade durch die Oeffnung am Fuße des Dampfdomes und durch das Mannloch gerissen war. Wenn man Kessel recht kräftig mit der Druckpumpe prüft, so findet man schwache Stellen zuerst an diesen Theilen und ist gewöhnlich genöthigt, die Kessel an den Dampfdomen zu verstärken. Da dieselben durchaus nicht unentbehrlich sind, sondern durch ein durchlöchertes Dampfrohr im Innern des Kessels sehr gut ersetzt werden können, so erscheint es am rathsamsten, die Dampfdome bei hoher Spannung ganz aufzugeben und die Mannlöcher durch aufgenietete Mundstücke gehörig zu verstärken.

Explosionen. — Im Bereiche der Gesellschaft explodirte kein Dampfkessel im Jahre 1861. In England überhaupt wurden während dieses Jahres 20 Explosionen bekannt, bei welchen 27 Personen getödtet und 47 verwundet wurden. Soweit diese Explosionen von dem Oberingenieur der Gesellschaft untersucht wurden, waren zwei durch äußeren, eine durch inneren Rost, eine durch Unaufmerksamkeit auf den bereits gefährlichen Zustand des Kessels, eine durch schlechte Construction des Kessels, indem die Oeffnungen für den Dom und das Mannloch zu groß und nicht gehörig verstärkt waren, entstanden, und endlich zwei dadurch, daß die inneren Feuerröhren zusammenklappten, weil sie ebenfalls nicht durch Ringe oder dergl. verstärkt waren.

Dampfmaschinen. — Die Beamten der Gesellschaft sind neben der Revision der Dampfkessel auch bemüht, Daten über den Verbrauch an Kohlen behufs der Erzeugung des Dampfes und über den Nutzeffect desselben in den Cylindern der Dampfmaschinen zu sammeln, um auf diese Weise die zweckmäßigsten Constructionen zu kennzeichnen. Bei jeder Revision wird deshalb gegen eine besondere Gebühr durch einen Indicator die in jedem einzelnen Cylinder entwickelte Kraft des Dampfes abgenommen und auf die daraus ermittelten Pferdestärken der Verbrauch an Steinkohlen pro Stunde reducirt.

Da jedoch noch ein großer Theil der Mitglieder der Gesellschaft die Kosten dieser Untersuchung nicht tragen will, außerdem aber in vielen Fabriken auch Dampf zu anderen Zwecken, als zum Betriebe der Dampfmaschine, benutzt wird, so ist hierdurch bisher ein nutzbares Resultat noch nicht erzielt. Es wird jedoch auf die große Zweckmäßigkeit der Cylindermäntel (steam-jackets) hingewiesen und auf die besonderen Vortheile der Ueberhitzung des Dampfes. Alle Einwendungen gegen die letztere, als starker Verschleiß des Cylinders, Kolbens und der Schieber, Begünstigung des Rostens des Metalls, größere Gefahr der Explosionen und dgl. werden als eingebildete bezeichnet und beispielsweise angeführt, daß die Peninsular and Oriental Steam Navigation Company bei Anwendung von überhitztem Dampf eine Ersparniß von 30 Proc. und mit Dampfmänteln sogar eine solche von 50 Proc des Brennmaterials erzielt habe. Es empfiehlt sich, den Dampf bis zu 100° über die gewöhnliche Temperatur desselben zu überhitzen, demnächst aber auch dafür zu sorgen, daß derselbe mit dieser

Temperatur wirklich in den Cylinder gelangt. Zum Heizen ist überhitzter Dampf nicht zweckmäßig.

Dem vorstehenden Berichte des Oberingenieurs fügen wir noch hinzu, daß sich neuerdings auch in London eine Gesellschaft zur Verhütung von Dampfkesselexplosionen gebildet hat, welche im Allgemeinen nach denselben Grundsätzen verfährt, wie diejenige in Manchester. Die Revisionsgebühren, welche mit dem Jahre 1861 bedeutend herabgesetzt sind, betragen nunmehr:

für 1 Kessel jährlich 20 Schilling	. . . .	= 6	Rthlr.	20	Sgr.
„ 2 und 3 Kessel für jeden 18 Schilling	.	= 6	„	—	„
„ 4 „ 5 „ „ „ 16 „	6 d	= 5	„	—	„
„ 6 „ 7 „ „ „ 15 „	. .	= 5	„	—	„
„ 8 „ 9 „ „ „ 14 „	6 d	= 4	„	20	„
„ 10 und darüber . . . 13 „	. .	= 4	„	10	„

Brennmaterialien.

(Bd. II. S. 16—32 u. S. 156.)

Die Brennmaterialien werden für den Dampfmaschinen-Techniker insofern von Wichtigkeit sein, als er sich oft in der Lage befinden wird, Rath für die Herbeischaffung eines geeigneten Brennstoffs zur Beheizung von Dampfkesseln zu ertheilen, besonders auch die Mittel und Wege anzugeben, um untransportable Brennstoffe in gut transportable zu verwandeln. Solche Umwandlung von Brennstoffen, besonders Torf- und Kohlenklein, nimmt die Aufmerksamkeit der Technik in neuester Zeit um so mehr in Anspruch, als der Bedarf an Brennmaterialien von Jahr zu Jahr zunimmt, und in gleicher Weise der Preis der besseren Brennstoffe wächst. Auf den nächsten Seiten seien deshalb auch wiederum die neueren Verfahrungsarten zur Aufbereitung des Torfs und des Kohlenkleins im Allgemeinen besprochen.

A. Torfziegel und Torfkohlen.

1) Die Schlickeysen'sche Ziegelpresse, die durch einige Modificationen von dem Erfinder Herrn Schlickeysen zu Berlin auch zur Torffabrikation umgestaltet wurde, und der bereits im vorigen Bande Erwähnung geschah, scheint mehr und mehr den richtigen Weg zur Verbesserung des Torfs anzubahnen, indem nicht blos in Deutschland in letzterer Zeit größere Etablissements sich dieser Maschinen mit gutem Erfolg bedienen, sondern auch bereits in England diese Aufbereitungsart des Torfs Platz zu greifen scheint. — Berichten wir zunächst über

ein unlängst errichtetes Etablissement in Deutschland, für welches uns die betreffenden Notizen durch Privatmittheilung überkommen sind:

Das in Rede stehende, dem Herrn v. Krafft gehörende Etablissement liegt in Laufen a. d. Salzach, und enthält ein großes Torfareal von 16—20 Fuß Tiefe. Hier ist eine Schlickeysen'sche Torfpresse (Nr. 6) aufgestellt, die zu ihrer Bewegung 8 Pferdestärken beansprucht, die von einer Locomobile geliefert werden. Der gestochene Torf wird in dieser Maschine im ganz rohen Zustande (Entwässerungen sind nur so weit nöthig, als die Arbeit des Stechens dies bedingt) in eine breiige Masse umgewandelt, die, im comprimirten Zustande, aus den Mundstücken der Maschine in Form eines Bandes tritt, das durch geeignete Vorrichtungen in Ziegelform gebracht wird. Die Abmessungen eines solchen Torfziegels im nassen Zustande betragen 3½, 3½ und 12 Zoll, und können solcher Ziegel pro Tag (10 Stunden) 20000 hergestellt werden. Schon nach 6—12 Stunden erhalten diese Ziegel eine schwache, harte Kruste, die nach 24 Stunden schon keinen Eindruck mit dem Finger mehr zuläßt, und sofort nach ihrem Entstehen die Ziegel selbst vor jedem Platzregen schützt. Bei gutem Wetter in 3—4, bei schlechtem in 8—10 Tagen erlangen die Ziegel schon eine solche Festigkeit, daß sie anstandslos in größere Haufen gebracht werden können, während in 14 Tagen die natürliche Verdichtung derselben vollständig vollendet ist. Am Volumen haben sie bei der Trocknung 83% verloren. Was diese Methode der Torfaufbereitung gegen andere so auszeichnet, ist, daß das eigentliche Pressen des Torfes ganz fortfällt, und nur die Eigenschaft desselben benutzt wird, sich zu verdichten, wenn sein natürlicher Zusammenhang aufgehoben wird. — Der in diesem Etablissement hergestellte Torf soll ein in jeder Beziehung treffliches Brennmaterial liefern, das außerdem in hohem Grade transportfähig ist und sich beim Verkohlen ebenfalls in Ziegel von großer Derbheit verwandelt.

Auch in England scheint man neuerdings den Torf mit Hülfe einer Schlickeysen'schen Maschine zu bearbeiten, um sein natürliches Gefüge zu zerstören. Nach den in unseren Quellen gegebenen Berichten tritt aber der hier gebildete Torfbrei nicht sogleich als fertiges compaktes Band, sondern in Nudelform aus der Maschine, wird dann in einen trockenen Raum geleitet, wo ihm ein Theil seines Wassers entzogen wird, und gelangt dann in eine Presse, die ihn durch leichten Druck in Ziegelform bringt. — Wie wichtig übrigens auch in England eine zweckmäßige Torfaufbereitung ist, ergiebt sich daraus: daß daselbst nicht weniger als 6 Millionen Acres (à 1,58 Morgen) mit Torf in einer

durchschnittlichen Mächtigkeit von 12 Fuß bedeckt sind, und daß, da man circa 3600 Tonnen oder 72000 Ctr. getrockneten Torfs vom Acre gewinnen kann, daselbst mindestens 21600 Millionen Tonnen Torf disponibel sind, die auf Tausende von Jahren zureichen möchten.

(J. 20. 1863, Nr. 3; dar. J. 2. 1863, Bd. 167, S. 468. — J. 19. 1863, Nr. 3.)

2) Da der lufttrockene Torf im natürlichen wie künstlichen Zustande immerhin noch viel Wasser enthält, und dieses bei seiner Verdampfung im Brennraume dem Feuer eine beträchtliche Wärmemenge entzieht, so hat die neueste Zeit vielfältig dahin gestrebt, den Torf vor dem Verbrennen einem Darrprozeß zu unterwerfen, einem Prozeß, der sich beinahe als durchaus nothwendig ergiebt, wenn man den Torf zum Betriebe von Eisenbahnen und Hochöfen anwenden will. — Eine, in ihren Prinzipien sehr beachtenswerthe Torfdörranstalt, die beläufig (nach Privatmittheilungen) ihren Torf mittelst der Schlickeysen'schen Maschine verdichtet, befindet sich zu Alexishütte bei Lingen und hat der betreffende Apparat folgende Construction: Ein vertikaler hohler Cylinder, der unten in einen Kegel ausläuft, nimmt für den Dörrprozeß den Torf auf. Der untere Kegelraum steht mit einem Ventilator in Verbindung, der durch den Torf erwärmte Luft von gewöhnlicher Spannung treibt und durch Sättigung derselben mit Wasserdampf den Torf trocknet. Ein Schieber am Ende des Kegels gestattet das Abziehen von fertigem Torf aus dem Apparat, sowie die Form des Hauptkörpers das Nachwerfen von frischem Torf gestattet, so daß mittelst dieses Apparats die Dörrung des Torfs continuirlich vor sich geht.

(J. 21. 1862. Nr. 25; dar. J. 3. 1862, S. 1144.)

B. Kohlenziegel (Briquettes).

1) Ueber die Steinkohlenziegel-Fabrikation in Brandeisl in Böhmen, der wir schon im letzten Bande, S. 158, Erwähnung thaten, können wir hier einiges Nähere zur Ergänzung berichten. — Die daselbst errichtete Fabrik besitzt zu ihrem Betriebe eine Dampfmaschine von 50 Pferdestärken. Die Vormanipulationen bestehen in der Zerkleinerung des Kohlenkleins, mittelst Quetschwalzen vollzogen, in der Kohlenwäsche, endlich in der Theerdestillation zur Herstellung des Bindemittels (Brai's). Die Manipulationen zur Herstellung der Kohlenziegel sind folgende: 1) das Erwärmen des Kohlenkleins, in Cylindern vollzogen, aus denen es, durch Paternosterwerke, nach dem Mischapparat geleitet wird; 2) die Erwärmung des Brai's, in einem

offenen Kasten vollzogen, der mit Rührvorrichtungen versehen ist, und aus dem derselbe nach dem Mischapparat abgelassen werden kann, und hier mit der erwärmten Kohle zusammentrifft; 3) der Mischapparat besteht aus einer horizontal gelagerten Trommel, die mit einem Dampfmantel umgeben ist, und in der sich eine Schnecke bewegt, die zugleich das Gemenge nach der Kohlenpresse leitet; 4) die Pressung wird in einer Maschine vollzogen, die aus 16 horizontal gelagerten Cylindern besteht, welche radial auf einer Ringplatte angeordnet sind. In jedem dieser Cylinder bewegt sich ein Kolben, der die Pressung der Steine bewerkstelligt, unter einem Druck, der nach Versuchen auf 50 Atmosphären angeschlagen werden kann. — Die Fabrik kann bei geordnetem Betriebe pro Tag, à 10 Stunden, 520 Ctr., stündlich demnach 52 Ctr. Kohlenziegel liefern, deren Heizkraft sich zu den dort lagernden Steinkohlen wie 0,83 : 1 verhält.

(J. 3. 1863, S. 314.)

2) Eine Kohlenziegelpresse nach neuen Prinzipien ist unlängst von Jarlot in Lorient construirt worden. Sie enthält als Haupttheile zwei Paar gußeiserne Kränze, die sich am Umfange berühren und durch Zahnräder in gemeinschaftliche Umdrehung gesetzt werden. Je zwei Kränze bewegen sich in verticaler Ebene und sind mit radialen, viereckigen Oeffnungen versehen, welche die Formen für die Kohlenziegel bilden, deren ursprünglich gekörntes Material durch Umdrehung der Kränze in die Formen eingedrückt wird. — Durch Versuche hat sich ergeben, daß solch eine Maschine, wenn die erwähnten Hauptkörper 4 Umdrehungen per Minute machen, in 10 Stunden 6000 Kilogramme Kohlenziegel producirt.

(J. 27. 1862, S. 5; dar. J. 3. 1862, S. 324.)

Weitere Literatur über Brennmaterialien: Neue Torfbereitungsmaschine von L. Koch jun. J. 19. Nr. 1. — Rationelle Torfverwerthung. Ein Leitfaden für die Anlage von Torfdarr- und Torfverkohlungsöfen und für die Construction von Torfverdichtungsmaschinen. Von Dr. Ernst Schenk. Mit einem Vorworte von Dr. Karmarsch. 8. 1862. Braunschweig. Pr. 20 Sgr. — Untersuchungen über den Brennwerth der Braun- und Steinkohlen von den wichtigeren Fundorten im Bereiche der österr. Monarchie nebst statistischen Notizen und Angaben über Lagerungsverhältnisse. Von Karl von Hauer. gr. 8. 1862. Wien. $2^1/_3$ Thlr. — Die Torfmoore des Fichtelgebirges, ihre Eigenschaften, ihr Betrieb und ihre Cultur für Männer des Faches, wie für Laien. Von Dr. Friedr. Schmidt. gr. 8. 1862. Bayreuth. 6 Sgr.

Feuerungsanlagen.

(Bd. II. S. 33—64 u. S. 158.)

A. Theoretisches über Feuerungsanlagen.

1) Herr C. Schinz giebt, in der unten angegebenen Quelle, als Nachtrag zu seinem Werke: „Die Wärme-Meßkunst" eine längere Abhandlung über den Nutzeffect und die Construction von Oefen für metallurgische und technische Zwecke, von der wir hier nur den Hauptinhalt erwähnen wollen, da einerseits die dabei erhaltenen Resultate hauptsächlich für intensive und Gasfeuerung gelten, andererseits dieselben, wegen der dabei benutzten und nach neueren Versuchen unrichtiger Zahlenwerthe, zum Theil Unrichtigkeiten enthalten. — Wie schon gesagt, beziehen sich diese Untersuchungen ausschließlich auf die intensive Feuerung und Gasfeuerung, auf Feuerungsarten, also welche beim Dampfkesselbetrieb selten vorkommen (Bd. II. S. 44), dagegen für metallurgische Zwecke, Glasöfen u. s. w. fast immer zur Anwendung gebracht werden. Für die in Rede stehenden Feuerungen unterscheidet der Verfasser zwei Nutzeffecte, nämlich den Nutzeffect des Brennstoffs und den Nutzeffect des Ofens. Unter dem erstern hat man zu verstehen die Wärmemenge, welche im Ofen und in dem zu erhitzenden oder zu schmelzenden Körper verbleibt; erhalten wird derselbe, wenn man die Temperatur, welche der zu schmelzende Körper annehmen soll, die also auch die der abziehenden Gase ist, mit der specifischen Wärme der Verbrennungsproducte multiplicirt und das Product von der ursprünglich erzeugten Wärmemenge subtrahirt. — Unter dem Nutzeffect des Ofens versteht derselbe die Wärmemenge, welche auf den zu erhitzenden oder zu schmelzenden Körper übertragen wird und diese wird erhalten, indem man das Gewicht der zu erhitzenden oder zu schmelzenden Substanz mit der derselben zu ertheilenden Temperatur und mit deren specifischen Wärme multiplicirt, und das Product durch die Anzahl der Stunden dividirt, welche zu der Operation nöthig sind.

Für jeden pyrometrischen Proceß bleibt ferner zu bestimmen:

a) die Wärmemenge, welche der zu erzielende Effect erfordert;

b) die Menge der von den Ofenwänden aufgenommenen oder zerstreuten transmittirten Wärme;

c) die Wärmemenge, welche mit den Verbrennungsproducten dem Ofen entführt wird.

Die unter a) und b) angeführten Wärmemengen sind aber wiederum abhängig von der specifischen Wärme der Ofenwände, von der Leitungsfähigkeit derselben für die Wärme und von dem Schmelzpunkte oder der Temperatur, welche die Ofenwände zu erreichen haben. Da zur Zeit über letzterwähnte Größen noch wenig Sicheres existirt, so lassen sich scharfe Rechnungen in Bezug hierauf nicht anstellen, sondern sich vielmehr nur Näherungswerthe angeben, die in der betreffenden Abhandlung zu finden sind.

(J. 2. 1861, Bd. 159, S. 200 u. 282.)

2) Es ist bekannt, daß zu pyrometrischen Versuchen, wie solche namentlich für Oefen, in denen eine höhere Temperatur zu erzeugen, oft zu machen sind, ein möglichst vollkommenes Pyrometer ein noch zu schaffendes Instrument ist, da alle bisher construirten Apparate der Art noch mehr oder weniger Mängel an sich tragen. Für solche Zwecke, die uns wiederum etwas fern liegen, hat nun Herr Schinz ein Pyrometer nach ganz neuen Principien construirt, die folgende sind: Er bestimmt einerseits mittelst eines eigenen Apparats, der mit einer thermoelectrischen Säule versehen ist, die Leitungsfähigkeit der Ofenwand, andernseits durch einen andern Apparat die Temperatur der äußeren Fläche der Ofenwand und leitet aus den Ergebnissen dann die Temperatur in dem Ofen selbst ab. — Da, wie schon erwähnt, unserm Zwecke solch ein Apparat etwas fern liegt, gehen wir hier ebenfalls auf die Construction nicht näher ein, weisen vielmehr Interessenten auf die angegebene Quelle.

(J. 2. 1862, Bd. 163, S. 321; dar. J. 3, 1862, S. 1054.)

B. Versuchsresultate mit bekannten Feuerungen.

Von allen in letzter Zeit bekannt gewordenen Feuerungen für Dampfkessel ist es die von Langen in Köln construirte Feuerung, die sich einer allgemeinen Anwendung erfreut und günstige Resultate geliefert hat. In Bd. II. S. 52 hatten wir bereits diese Feuerung eingehend beschrieben, sowie auf das derselben zu Grunde liegende Princip hingewiesen, welches kurz darin besteht: daß bei derselben die den Sauerstoff liefernde Luft in Bezug auf das Brennmaterial den Gang nimmt, daß dieselbe zuerst mit der nicht in Gluth befindlichen Kohle und erst später mit den Kohlentheilen in Berührung tritt, die in voller Gluth sich befinden. Hier wollen wir, der Wichtigkeit des Gegen-

standes wegen, mehrere mit der Langen'schen Feuerung erhaltene Versuchsresultate mittheilen, zuvor aber für diejenigen Leser, die nicht im Besitz des letzterschienenen Bandes sind, noch einmal die Beschreibung dieser Feuerung wiedergeben.

Fig. 1 auf Taf. I stellt den Längendurchschnitt einer Langen'schen Feuerung für einen Kessel mit zwei Siederöhren dar, wonach die specielle Anordnung derselben folgende ist: Tafel I. Fig. 1.

Jede der zwei Längenwände des Feuerraums ist mit einer gußeisernen Platte A versehen, und beide einerseits durch das gußeiserne Kopfstück a, andernseits durch die zwei Rostbalken b und c verbunden. B, C, D und F stellen die Roststäbe dar, von welchen die in erster und zweiter Reihe liegenden in schiefe Ebene auslaufen, die circa 28° zu Horizontalen geneigt sind, wogegen die in der dritten Reihe, D, aber eine horizontale Rostfläche herstellen. Die in den drei ersten Etagen liegenden Roststäbe sind so geformt, daß sie an ihren, dem Feuer zugekehrten Enden mit horizontalen Vorsprüngen versehen sind, welche die Lage der Roststäbe zu einander, sowie die Rostspalten bestimmen. Jede der erwähnten Roststabreihen findet ihr Auflager auf zwei Balken m und n, welche andernseits auf, an den gußeisernen Platten A angegossenen Knaggen ihre Unterstützung finden. Die horizontale Fortsetzung der erwähnten Roststäbe wird durch die Platten d, f, g gebildet, welche auf Ansätzen v der Stücke A ruhen, und oberhalb durch Keile gegen diese Ansätze gedrückt und so festgehalten werden. Die zwei untern Rostbalken b und c tragen einen gewöhnlichen horizontalen Rost F; der Rostbalken b ist aber mit Scharnierstücken versehen, zwischen welchen zwei durchbrochene Thüren r bewegbar sind, welche, zum Entfernen der sich auf F ansammelnden Schlacken, durch einfache Hebelvorrichtung geöffnet werden können, beim regulären Betrieb des Feuers aber geschlossen sind, wie unsere Fig. es sehen läßt. Von wichtigen Maßen ist noch zu erwähnen, daß die Roststabreihen B und C so gelagert sind, daß sie einen freien Spalt von 4 Zoll Höhe zwischen ihren Enden und den unter ihnen liegenden Rostplatten lassen.

Die Beschickung des Feuers, welche etwa alle 20 Minuten erfolgen kann, wird, wenn dasselbe in voller Gluth sich befindet, in der Art geleitet, daß die Steinkohle zunächst auf die Platten d, f, g geworfen und durch ein passend geformtes Eisen bis nahe an die schrägliegenden Roststäbe geschoben wird. Hier verkoaken sich die Kohlen durch die sie umgebende Wärme und werden bei der nächsten Beschickung weiter vor bis in den Feuerraum geschoben, wobei man mit den auf dem untersten Rost D liegenden beginnt.

Die hier zu erwähnenden Versuchsresultate sind nun folgende:

1) Der Fabrikbesitzer Herr v. Gülich zu Werthheim (bei Hameln) nahm unlängst vergleichende Versuche mit zwei ganz gleichen Kesseln vor, von welchen der eine mit einem gewöhnlichen Planroste, der andere mit einem Langen'schen Etagenroste versehen war. Ferner wurden die Versuche mit zwei verschiedenen Kohlensorten, nämlich einmal mit westphälischer Kohle (Zeche Schamrock bei Gelsenkirchen), das andere Mal mit Deister-Kohle (Münder'sches Bergwerk), angestellt. — Die bei den Versuchen verdampfte Wassermenge konnte durch einen für diesen Zweck besonders construirten Apparat gemessen werden, so wie auch das Gewicht der verbrauchten Kohlen genau bestimmt wurde. Die Resultate der Versuche waren folgende:

a) Bei Anwendung von westphälischer Kohle:

Auf dem Etagenroste wurden mit 1800 Pfd. Kohle 17196 Pfd. Wasser, also mit 1 Pfd. Kohle 9,55 Pfund Wasser verdampft.

Auf dem Planrost wurden mit 2030 Pfd. Kohle 14444 Pfd. Wasser, also mit 1 Pfd. Kohle 7,11 Pfd. Wasser verdampft. Hiernach verhält sich für diese Kohle die Verdampfung mit Anwendung des Etagenrostes zu der des Planrostes, wie

$$9{,}55 : 7{,}11 = 100 : 74{,}5.$$

b) Bei Anwendung von Deister-Kohle:

Auf dem Etagenroste wurden mit 1900 Pfd. Kohle 12289 Pfd. Wasser, also mit 1 Pfd. Kohle 6,47 Pfd. Wasser verdampft.

Auf dem Planroste wurden mit 2000 Pfd. Kohle 10236 Pfd. Wasser, also mit 1 Pfd. Kohle 5,11 Pfd. Wasser verdampft.

Hiernach verhält sich für diese Kohle die Verdampfung mit Anwendung des Etagenrostes zu der mit dem Planroste, wie

$$6{,}47 : 5{,}11 = 100 : 79{,}98.$$

Für die westphälische Kohle hatte sich demnach bei Anwendung des Etagenrostes eine Brennmaterialersparniß von 25,5, für die Deister-Kohle solche von 21 Proc. ergeben.

2) Auf dem v. d. Heydtschachte der Steinkohlengrube Glückshilf, woselbst drei große Kessel neben einander liegen, von welchen einer mit dem Langen'schen Etagenroste, jeder der beiden andern mit einer Fairbairn-Stephan'schen Feuerung versehen ist, wurden neuerlich ebenfalls vergleichende Versuche angestellt, um Resultate mit der Langen'schen Feuerung im Vergleiche mit der Fairbairn'schen zu gewinnen.

Vor Beginn des Versuchs mit zweien der Kessel wurden die Feuerungen gereinigt, aller Dampf aus den Kesseln gelassen, und jeder

Kessel bis zu einer Marke mit Wasser gefüllt. Jedem Kessel wurden 12 Scheffel Steinkohlen à 90 Pfd. zugewogen und die Heizung beider Nachmittag um 3 Uhr begonnen. Die Nachfüllung von Wasser in die Kessel geschah durch ein Gefäß, das 1090 Pfd. Wasser faßte. Bei der Fairbairn'schen Feuerung war die Abbrennung der Kohlen und die Entwickelung des Wasserdampfs um $6^3/_4$ Uhr vollendet, und man hatte, um den Kessel bis auf die Marke gefüllt zu erhalten, 5.1090 = 5450 Pfd. Wasser in den Kessel bringen müssen. Bei der Langen'schen Feuerung war die Abbrennung aller Kohlen und die Entwickelung des Wasserdampfes um $7^3/_4$ Uhr beendet, und man hatte in den Kessel 7.1090 = 7360 Pfd. Wasser zuthun müssen, um denselben bis zur Marke gefüllt zu erhalten. Hieraus ergiebt sich eine um fast 40 Proc. größere Leistungsfähigkeit der Langen'schen Feuerung gegen die Fairbairn'sche, die bekanntlich schon zu den besseren Feuerungen zu rechnen ist.

Zu erwähnen ist noch, daß die Verbrennung auf dem Etagenroste gleichmäßig und lebhaft von Statten ging und nur beim Beginn des Feuerns sich etwas Rauch zeigte. Auch erwies sich die Bedienung des Etagenrostes weniger beschwerlich als die des Planrostes und forderte weniger Geschicklichkeit von Seiten des Heizers. Durch spätere Versuche wurde auch noch festgestellt, daß sich Staub- und feine Gruskohle auf dem Langen'schen Roste mit bestem Erfolge verbrennen lasse.

(J. 7. 1861, Nr. 41; dar. J. 3. 1862, S. 902.)

3) In der Reparatur-Werkstatt der Stargard-Cöslin-Colberger Eisenbahn befindet sich ein Dampfkessel, der ehedem mit Planrost versehen war und mit grobem Steinkohlengrus geheizt, später aber mit einem Langen'schen Etagenrost versehen wurde. Der Kessel ist cylindrisch, 20 Fuß lang, hat $4^3/_4$ Fuß Durchmesser und enthält zwei Feuerröhren von je 18 Zoll Durchmesser. Die Lage der Züge ist die gewöhnliche und hat der Schornstein bei 27 Zoll Weite eine Höhe von 80 Fuß.

Als Material zur Beheizung des Planrostes wurde ehedem, wie schon erwähnt, grober Kohlengrus verwandt, der von englischer Steinkohle herrührte, die durch ein $^3/_8$ Zoll weites Sieb geworfen wurde und dabei hinter dasselbe fiel. Als Heizmaterial für den später eingerichteten Etagenrost wurde dieser Kohlengrus noch durch ein $^1/_4$ Zoll weites Sieb geworfen, die vor dasselbe fallende Kohle für Schmiedefeuer, und die hinter dasselbe fallende für den Etagenrost benutzt. — Da gleichzeitig nach Anlegung des Etagenrostes auch mehr Arbeits-

maschinen in Betrieb gesetzt wurden, und der continuirliche Betrieb der Werkstatt nur eine Vergleichung der früher gebrauchten Kohlengrusmenge zwischen dem später nothwendig werdenden Kohlenstaub zuließ, so konnten scharfe Resultate nicht erhalten werden. Nach dem Anschlage des Maschinenmeisters Eichholz in Stargard, von dem die in Rede stehenden Versuche gemacht wurden, ließ die Anwendung des Langen'schen Etagenrostes eine Ersparniß von 15 Proc. erwarten, auch constatirte sich hier neuerdings: daß auf dem Langen'schen Roste der feinste Kohlenstaub mit gutem Erfolge verbrannt werden kann.

(J. 4. 1862, S. 289; dar. J. 3. 1862, S. 903.)

C. Neuere Anordnungen von Feuerungen.

Taf. I. Fig. 2 u. 3. 1) In Bd. II. S. 57 haben wir bereits einen von Krafft construirten Ofen zur Verbrennung von Sägespänen, Lohe u. s. w. speciell beschrieben; eine nach gleichen Principien und denselben Zwecken dienende Feuerungsanlage, die von André construirt ist, ist auf Taf. I, Figur 2 und 3, in zwei Durchschnitten dargestellt. Die Feuerung gehört zu einem Röhrenkessel (Locomotivkessel), der in Fig. 2 zum Theil sichtbar wird. Das Brennmaterial wird bei A aufgegeben; fällt von hier in einen Raum, der sich, wie Fig. 3 zeigt, nach dem Roste hin allmählich erweitert, und in passender Entfernung vom Roste mit zwei Prismen B versehen ist, die jedenfalls den Zweck haben sollen, das Brennmaterial auf dem Roste zu vertheilen. Nach unserer Quelle soll die Verbrennung hauptsächlich in der Feuerkammer C stattfinden, die bei andern Kesselconstructionen fortbleiben kann.

Die Versuche, welche mit diesem Kessel, der mit 1½ Atmosphärendruck arbeitet, und der beschriebenen Feuerung angestellt wurden, haben Folgendes ergeben:

a) Von gut getrockneter Lohe wurden in 12 Stunden 1420 Kil. verbrannt. 1 Kil. Lohe verdampfte 1,85 Kil. Wasser von 4° C. Temperatur, wobei die Temperatur der abziehenden Gase 256° C. war.

b) In 12 Stunden wurden ferner verbrannt 340 Kil. Lohe und 1025 Kil. Sägespäne. 1 Kil. Brennmaterial verdampfte 1,39 Kil. Wasser, wobei die Temperatur der Essengase 253° betrug.

c) In 12 Stunden wurden ferner verbrannt 414 Kil. Steinkohlen von Epinac (in Stücken). 1 Kil. Kohle verdampfte 4,54 Kil. Wasser, wobei die Temperatur der abziehenden Gase 250° betrug.

(J. 31. 1861, p. 276; dar. J. 2. 1862, Bd. 163, S. 41.)

Taf. I. Fig. 4 u. 5. 2) Eine Feuerung zur Verbrennung von Sägespänen von ganz anderer Construction ist neuerlich von dem Techniker Conrad Walter

in Augsburg construirt und ausgeführt worden. Dieselbe diente übrigens nicht zur Beheizung eines Dampfkessels, sondern zur Retortenheizung einer Holztheerölfabrik. Nach den zwei, in den Figg. 4 und 5 gegebenen Durchschnitten, von welchen der Fig. 5 ein solcher nach der Linie xy der Fig. 4 ist, ist die eigentliche Feuerung wie folgt construirt: A ist die Oeffnung, durch die die Sägespäne eingebracht werden; sie befindet sich im Fußboden der Sägemühle, welche die zu verbrennenden Späne liefert, liegt also sehr bequem. Der größere Theil des Bodens der Feuerung bildet eine schiefe, geschlossene Ebene, die unten in den Rost übergeht. Nachdem zuerst Feuer auf dem Roste angemacht und dann Sägespäne aufgegeben, verbrennen die letzteren von oben zuerst und sollen somit ein Verstopfen des Rostes durchaus verhüten. Die Oeffnungen a, die mit einem bei b zu verschließenden Kanal in Verbindung stehen, dienen dazu, in geeigneten Fällen Luft in die Feuerung lassen zu können, sowie die Zusammenziehung des Feuerraums bei B hier die Wärme in demselben concentriren und dann nach den Kanälen der Retorten leiten soll. Nach den von Herrn Walter gemachten Erfahrungen soll sich diese Feuerung in jeder Beziehung bewährt haben.

(J. 2. 1862, Bd. 163, S. 104.)

3) Der k. k. Hüttenmeister Herr Rudolph Vogl zu Joachimsthal hat neuerlich eine Feuerungsanlage construirt und bereits in mehreren Exemplaren mit Vortheil ausgeführt, die gewiß in mancher Beziehung Beachtung verdienen möchte und sich durch folgende Eigenschaften charakterisirt: Das Brennmaterial, Mineralkohle oder Torf, wird zunächst in einen Rumpf gebracht, was bekanntlich den Vortheil gewährt, daß das Brennmaterial einerseits vorgewärmt, andernseits das Oeffnen der Feuerthür und somit das Eintreten kalter Luft in den Feuerraum vermieden und endlich eine leichte Bedienung des Feuers herbeigeführt wird. Die Roststäbe liegen ferner nicht nach der Quer-, sondern nach der Längenrichtung der Feuerungsanlage und sind außerdem von solcher Form, daß die Rostfugen in den höher gelegenen Punkten kleiner als im untern Theile des Rostes sind; außerdem sind diese Roststäbe durch einen einfachen Mechanismus beweglich gemacht, was bezweckt, daß die Schlacken von demselben in leichter und regelmäßiger Weise entfernt werden können. Die Rostfugen sind auch durchschnittlich enger, die Roststäbe dünner als in den bisherigen Feuerungen gehalten, was hier mit Rücksicht darauf, daß die Schlacken selbstthätig von dem Roste fallen, geschehen konnte. Die Asche und Schlacken fallen hier nicht durch die Rostfugen, sondern von dem Roste hinab, wodurch erstere immer Tafel I. Fig. 6.

rein bleiben und die Asche eine wesentliche Funktion der Feuerung übernimmt.

Fig. 6 auf Taf. I giebt einen Längendurchschnitt solch einer Feuerung mit Anwendung von einem Dampfkessel. A ist der Rumpf, der nöthigenfalls durch einen Schieber a verschlossen werden kann, b einer der Roststäbe in der Ansicht; dieselben sind in ihren oberen Theilen mit Nasen c versehen, die an einem Rostbalken ihr Auflager finden. d ist eine mit Schlagrädchen versehene Welle, die durch Kurbel alle 10—15 Minuten in Umdrehung gesetzt wird und dadurch die erwähnte Bewegung der Roststäbe veranlaßt. Die Schlagrädchen sind übrigens versetzt und zu jedem Roststabe gehört ein Rädchen. f ist ein Roststabbalken, der einerseits den Zweck hat, die Asche von den Schlagrädchen fern zu halten, andernseits durch seine obere Fläche dazu dient, eine Stelle zur Verbrennung von noch unverbrannter Kohle zu liefern. Die Asche u. s. w. sammelt sich hinter und unter diesem Balken und verhindert den Eintritt der Luft an dieser Stelle. Für die genügende Menge Asche an dieser Stelle ist deshalb immer Sorge zu tragen.

Die größte Breite eines Roststabes im oberen Theile, da wo die Roststäbe keine Fugen bilden, soll nach Vogl nicht mehr als 1 Zoll betragen; nach unten verjüngen sich die Roststäbbreiten und bilden Fugen von höchstens $^1/_4$ Zoll, so daß nach dieser Anordnung die freie Rostfläche bedeutend kleiner (Vogl giebt etwa $^1/_6$ an) als bei gewöhnlichen Feuerungen ausfüllt. Auch empfiehlt der Genannte, die Rostfläche möglichst schmal zu machen. — Sind die Kohl- oder Torfstücke in geeigneter Größe zur Disposition, so nämlich, daß sie weder zu klein, um durch die Rostspalten fallen zu können, noch zu groß, um ein Verschließen des Rumpfes unmöglich zu machen: so wird das Brennmaterial in leichter Weise zugeführt und vorgewärmt; die sich im oberen Theile aus dem Brennmaterial bildenden brennbaren Gase streichen zu ihrer vollkommenen Verbrennung über die untere glühende Kohle; das Schüren wird durch geeignete Lage der Roststäbe gänzlich vermieden, indem die Kohlen durch ihre Schwere eine Bewegung nach abwärts machen, sich dabei außerdem drehen und die Schlacken von selbst nach dem Aschenfall fallen werden; endlich wird jeder unnütze und schädliche Luftzutritt bei dieser Feuerung vermieden sein.

Die mit solchen Feuerungen von Herrn Vogl angestellten Versuche haben im Vergleich mit anderen Feuerungen als Resultate ergeben: eine Brennmaterialersparniß von 10—25%, verbunden mit

einer intensiveren Wärmeerzeugung; die Möglichkeit, sehr schlechte Kohlen auf diesem Roste verbrennen zu können.

(J. 2. 1862, Bd. 163, S. 96.)

Weitere Literatur über Feuerungsanlagen: Schinz, Pyrotechnische Rundschau, J. 2, 1862, Bd. 166, S. 37, S. 188 und S. 270; Bd. 167, S. 439. — Marsilly, Ueber den Einfluß des Zuges auf die Verbrennung in Dampfkesselöfen, J. 3. 1862, S. 1179. — Berthier, Neue Bestimmung des Wärmeeffects, J. 2, 1862, Bd. 164, S. 234. — Treska, die rauchverzehrenden Apparate für stehende und bewegliche Dampfmaschinen auf der Londoner Industrie-Ausstellung, J. 2, 1863, Bd. 167, S. 241. — Watson, horizontaler Schüttelrost, J. 2, 1862, S. 785. — Rosenthal, Etagen-Feuerung, J. 4, 1862, S. 251. — Die nothwendigsten Regeln für die Behandlung der Dampfkesselfeuerung, nebst einem Catechismus für den praktischen Dampfkesselheizer, von Adolph Scheefer. 2. Aufl. 1862. Pr. $7^1/_2$ Sgr. — Das Locomotiven-Blasrohr. Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Zugerzeugung der Dampfstrahlen und über die saugende Wirkung der Flüssigkeitsstrahlen überhaupt. Von Dr. Gustav Zeuner. 8. 1863. Pr $1^2/_3$ Rthl.

Dampfkessel.

Band II. S. 65—91 u. S. 163.

Die Construction der Dampfkessel — als die Apparate, in welchen in einer gewissen Zeit eine bestimmte Dampfmenge von gegebener Spannung in ökonomischster und sicherster Weise entwickelt werden soll — läßt in neuester Zeit Bestrebungen erkennen, die theils mit den Fortschritten anderer Industriezweige in Verbindung stehen, theils durch die vermehrten Ansprüche in Bezug auf Oekonomie und Sicherheit beim Dampfkesselbetrieb hervorgerufen sind. Die hierauf basirenden Anordnungen, die wir auf den nachfolgenden Seiten specieller erörtern werden, bestehen nun namentlich darin: für manche Kesselarten statt des Eisens Gußstahl zu substituiren, besonders um durch die Kessel leichter transportabel zu machen; die Circulation des Wassers im Kessel durch geeignete Mittel zu vermehren, um eine vortheilhaftere Wärmeausnutzung zu erzielen; die Wasser- sowie Dampfmenge im Kessel zu vermindern, um einerseits mehr Sicherheit für den Betrieb, andernseits die Möglichkeit zu gewinnen, möglichst schnell Dampf zu

erzeugen. Zu diesen, das Material und die Form der Kessel betreffenden Bestrebungen gesellen sich noch die schon früher erwähnten: geeignete Kessel für überhitzten Dampf zu construiren und in allen Fällen die Bildung des Kesselsteins soviel als möglich zu beseitigen; außerdem die Herstellungsweise der Kessel soviel als möglich zu vereinfachen. In geeigneten Abschnitten werden wir beregte Gegenstände dem vorliegenden Material gemäß erörtern.

A. Material und Stärke der Dampfkessel.

Bekanntlich hat man in neuester Zeit (s. Bd. II. S. 68) versucht, statt des bisher allgemein angewendeten Eisenblechs Gußstahlblech für die Herstellung von Dampfkesseln anzuwenden. Da es sich hierbei besonders um eine Verminderung der Stärke, die auch eine Verminderung des Gewichts der Dampfkessel herbeiführt, handelt; so wollen wir hier, vor den Berichten über die Anwendung des Gußstahlblechs für Dampfkessel, die Stärke der eisernen Dampfkessel angeben, wie solche in einer unserer größten deutschen Fabriken üblich ist. Dies wird um so willkommener sein, als neuerlich in manchen Staaten eine gesetzmäßige Stärke der Dampfkesselbleche nicht vorgeschrieben wird.

1) Die Kesselfabrik von J. Piedboeuf in Achen giebt den eisernen Dampfkesselblechen nach der unten bezeichneten Quelle folgende Stärken:

a) Siederohrkessel mit Gegenströmung: $e = 1{,}6d\,(n-1) + 2$ Millimeter. Minimalstärke 5 Millimeter.

b) Siederohrkessel mit Parallelströmung: $e = 1{,}8d\,(n-1) + 3$ Millimeter. Minimalstärke 6 Millimeter.

c) Rauchrohrkessel mit innerer Feuerung: α) Für den Kessel: $e = 1{,}4d\,(n-1) + 2$ Millimeter. β) Für die Rauchrohre $e = 1{,}8d \cdot (n-1) + 4$ Millimeter. Für die in der Nähe der Feuerherde liegenden Bleche ist die letztere Stärke um 1 Millimeter zu vermehren.

d) Röhrenkessel, deren Wände keiner Erhitzung von außen unterliegen: $e = 1{,}2d\,(n-1) + 2$ Millimeter.

Die Wandstärken der ebenen Kesselwände sind nach speciellem Ermessen zu bestimmen.

(J. 31. 1861, S. 548; dar. J. 3. 1862, S. 486.)

2) Da erwiesener Maßen die Festigkeit des Stahls von seinem Kohlenstoffgehalt sich abhängig zeigt, so wird es, bevor wir zu dessen Anwendung auf Dampfkessel übergehn, gerechtfertiget erscheinen, wenn wir hier auf die Versuche über Festigkeit hinweisen, welche in neuester

Zeit von Herrn T. E. Vickers zu Sheffield mit Stahl bei verschiedenem Kohlenstoffgehalt gemacht wurden.

Der in den untersuchten Stahlsorten befindliche Kohlenstoffgehalt betrug $^1/_3$ bis $1^1/_4$ Procent. Der weichste oder kohlenstoffärmste wurde mit Nr. 2, der härteste oder kohlenstoffreichste mit Nr. 20 bezeichnet, und die zwischen inne liegenden Nummern 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15 entsprechen Stahlsorten von dem zwischen inne liegenden Kohlenstoffgehalte. — Die gemachten Versuche bezogen sich auf die absolute und relative Festigkeit. Für die absolute Festigkeit kamen Stäbe zum Versuche, die $21^1/_2$ Zoll lang und auf 14 Zoll Länge auf 1 Zoll Durchmesser abgedreht waren. Die in der unten angegebenen Tabelle angegebenen Ausdehnungen beziehen sich auf Gewichte, welche beim Belasten zunächst den Gewichten lagen, die die Zerreißung veranlaßten, und welch letztere die Tabelle enthält. — Für die relative Festigkeit kamen Stäbe zur Untersuchung, die mehr als 3 Fuß Länge hatten; in der Mitte waren dieselben auf 3,94, an den Enden auf 4,25 Zoll abgedreht und ihre horizontalen Auflage-Punkte waren 3 Fuß von einander entfernt. Auf diese Stäbe ließ man bei den Versuchen einen Rammklotz von 1547 Pfund Gewicht schlagen, dessen Fallhöhe von 1 bis 36 Fuß gesteigert werden konnte. Man begann mit der kleinsten Fallhöhe, notirte die jedesmal erhaltene Einbiegung und setzte als Maaß der relativen Festigkeit: die Summe der bis zur letzten Einbiegung vor den Bruch erhaltenen Einbiegungen; dieses Maaß findet sich in der Tabelle angegeben. Die betreffenden Werthe für die absolute und relative Festigkeit enthält nun nachstehende Tabelle.

Bezeichnung der Stahlsorte.	Gehalt an Kohlenstoff.	Absolute Festigkeit.		Relative Festigkeit.
		Belastung per Quadratzoll beim Zerreißen.	Verlängerung.	Summe der Einbiegungen.
Nr. 2	0,33 Proc.	30,4 Tonn.	1,37 Zoll.	58,81 Zoll.
„ 4	0,43 „	34,0 „	1,37 „	56,00 „
„ 5	0,48 „	37,5 „	1,25 „	53,56 „
„ 6	0,53 „	42,5 „	1,12 „	35,06 „
„ 7	0,58 „	41,5 „	0,81 „	38,81 „
„ 8	0,63 „	45,0 „	1,00 „	46,00 „
„ 10	0,74 „	45,5 „	0,69 „	40,31 „
„ 12	0,84 „	55,0 „	1,12 „	8,56 „
„ 15	1,00 „	60,0 „	1,00 „	4,31 „
„ 20	1,25 „	69,0 „	0,62 „	6,94 „

Die gegebene Tabelle zeigt, daß die absolute Festigkeit des Stahls mit seinem Kohlenstoffgehalt wächst; dies gilt indeß nach andern gemachten Versuchen nur so lange, als der Stahl nicht mehr Kohlenstoff enthält als $1^1/_4$ Procent; bei weiterer Zunahme an Kohlenstoff nimmt die absolute Festigkeit wiederum ab und kann endlich bis zu 6 Tonnen sinken. Gegentheils zeigt die Tabelle, daß die relative Festigkeit, besonders die Festigkeit gegen Stoß, mit dem Wachsen von Kohlenstoff ziemlich schnell abnimmt. Hiernach scheint es räthlich, sich für Maschinenconstructionen solcher Stahlsorten zu bedienen, die sowol für absolute als relative (Stoß-) Festigkeit möglichst große Sicherheit gewähren, und möchten sich in Bezug hierauf namentlich die Sorten Nr. 8 bis Nr. 10, also die Sorten mit $^5/_8$ bis $^3/_4$ Procent Kohlenstoffgehalt, empfehlen.

(Z. 41. 1861, S. 161; dar. J. 2. 1862, Bd. 164, S. 434.)

3) Die Herren Jackson, Pétin und Gaudet hatten, für die Pariser Industrie-Ausstellung im Jahre 1855, einen cylindrischen Dampfkessel aus Gußstahlblech, den ersten dieser Art in Frankreich construirten, angefertigt, und denselben der französischen Regierung zu beliebigen, geeignet erscheinenden Versuchen zur Verfügung gestellt. Von dem Herrn Minister für Ackerbau, Handel und öffentliche Arbeiten ward jenes Anerbieten angenommen und einer, auf Empfehlung der Commission centrale des machines à vapeur, aus den Hr. Combes, Lorieux u. Couche gebildeten Specialcommission der Auftrag ertheilt, die Beschaffenheit des neuen Blechs zu untersuchen und ein, auf Versuche sich stützendes, motivirtes Gutachten über den Betrag der etwa zulässigen Reduction der vorschriftsmäßigen Dicke, bei Benutzung einer solchen Blechgattung zu dem cylindrischen Mantel der Dampfkessel, abzugeben.

Die am 15. März 1856 ernannte Commission begann ihre Arbeiten mit der Prüfung des Kessels auf seine Festigkeit und Dichtheit unter hohem inneren Druck.

Der Kessel hatte einen lichten inneren Durchmesser = 1 Meter. Die Dicke seiner Bleche betrug 6 Millimeter.

Nach der französischen Vorschrift für die Blechstärke

$$e = 1{,}8\,(n-1)\,d + 3 \text{ Millimeter}$$

(d Durchmesser in Metern, n Dampfdruck in Atmosphären), welche ohne den willkürlichen Summand = 3 Millim. einer zulässigen Spannung von 2,87 Kil. per Quadr.-Millim. entspricht, würde der in Rede stehende Kessel einer Dampfspannung von 2,67 Atmosphären genügt haben und es hätte seine Prüfung vorschriftsmäßig unter einem Druck von 3 . 1,67 + 1 = 6 Atmosphären geschehen müssen. Da aber

die Verfertiger die Druckprobe bis zu einer Höhe von 17 Atmosphären gesteigert wissen wollten, so wurde der Kessel am 27. Juli 1856, in Gegenwart der Commission einer solchen ausgesetzt. Man bemerkte hierbei nur an zwei oder drei Stellen eine geringfügige Undichtheit.

Bei dieser Probe betrug die transversale Spannung der Bleche: im vollen Querschnitt des Kessels 13,78 Kil. per Quadr.-Millim., und in seinem, durch die Niete (16 Millim. Durchmesser bei 32 Millim. Abstand der Nietlöcher von Rand zu Rand) auf $^2/_3$ reducirten Querschnitt, 20,67 Kil. per Quadr.-Millim.

Zur Prüfung der Festigkeit und Dehnbarkeit der zu diesem Kessel verwendeten Gußstahlbleche requirirte die Commission von den Verfertigern einige mit den gedachten Blechen identische Proben, aus welchen Versuchsstücke in analoger Form hergestellt, im Querschnitt möglichst genau auf 10 Millim. Breite bei 6 Millim. Dicke befeilt, und auf der Seitenfläche mit gleich weit entfernten Querlinien, als Marken zu Messung der Verlängerungen, versehen wurden. Die geringe Länge der Stücke (180 Millim. zwischen den äußersten Marken), die Localitäten und die vorhandenen Hülfsmittel (die Versuche wurden mit Hülfe eines Krahns in einem Hüttenwerke ausgeführt) gestatteten nur die Messung der, nach Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze eintretenden größeren Verlängerungen.

Bei den, in der 2. und 4. Columne der nachstehenden Tabelle mitgetheilten, auf den Qu.-Mill. des ursprünglichen Querdurchschnittes der Versuchsstücke reducirten Belastungen: per Kil., ergaben sich die in der 3. und 5. Columne beziehungsweise notirten, auf die ursprüngliche Länge jener Versuchsstücke als Einheit reducirten Verlängerungen. Bei den mit * bezeichneten Belastungen erfolgte der Bruch.

Länge des Stücks in der Walzrichtung.			Länge des Stücks senkrecht gegen die Walzrichtung.		
Nr.	p.	λ.	Nr.	p.	λ.
1	57,98	0,178	5	29,81	0,017
				39,57	0,046
2	40,53	0,055		47,91*	0,133
	44,15	0,078			
	47,35*	0,155	6	30,51	0,020
				39,45	0,040
3	40,10	0,050		40,40	0,067
	46,87*	0,178		44,40	0,094
				dgl. nach 5 Min.	0,108
4	38,00	0,041		45,23	0,125
	45,57*	0,123		46,20*	0,178

Hiernach erfolgte der Bruch
im Mittel von Nr. 1—4 bei p = 49,44 Kil.; λ = 0,158,
„ „ „ Nr. 5 u. 6 bei p = 47,05 Kil.; λ = 0,155,
„ „ „ Nr. 1—6 bei p = 48,65 Kil.; λ = 0,157.

Von den Fabrikanten war die Festigkeit des zu dem Kessel verwendeten Bleches auf 80 Kil. per Quadrat-Millimeter angegeben worden.

Die entsprechenden Werthe für die Versuchsstücke liegen, wie die mit * bezeichneten Zahlen der Tabelle ergeben, zwischen den Grenzen: 45,57 und 57,98 Kil. Es war hiernach die Festigkeit der untersuchten Blechproben eine erheblich geringere als die der zu dem Kessel verwendeten Bleche.

Die Verfertiger glaubten diesen wesentlichen Unterschied durch die Verschiedenheit erklären zu müssen, welche bezüglich der Qualität und Beschaffenheit der Bleche, des Kessels und der eingelieferten Proben besteht. Auch fanden sich dieselben zu der weiteren Bemerkung veranlaßt, daß sie im Stande seien, die sich entgegenstehenden Eigenschaften des Gußstahlblechs: Festigkeit und Dehnbarkeit, die eine auf Kosten der anderen, durch sichere Fabrikations-Methoden beliebig zu erhöhen. Diese Erklärung ist übrigens durch die gewonnenen Versuchsresultate bestätigt worden, denn es zeigten die Proben, bei ihrer mittelmäßigen Festigkeit, eine sehr bemerkenswerthe Dehnbarkeit. In der Nähe der Bruchstelle mußte die Dehnung noch viel größer gewesen sein, als vorstehend im Mittel für die Entfernung der beiden äußersten Marken angegeben ist; es wurde nämlich bei den Versuchen, 1, 2 und 4 auch noch der Bruchquerdurchschnitt ausgemessen, und es ergab sich derselbe beziehungsweise

= 0,444; 0,355; 0,367; im Mittel = 0,388

des ursprünglichen Querschnitts bei einer mittlern Dehnung = 0,152 zwischen den äußersten Marken.

Eine andre Versuchsreihe, welche am 28. April 1857 angestellt wurde, betraf die Festigkeit der Vernietung. Dieselbe äußert sich, wenn man von der, in der Regel zutreffenden, Annahme ausgeht, daß die Niete nicht ganz genau in die Nietlöcher passen, in zweifacher Weise. In diesem Falle ist nämlich, bevor bei allmählich gesteigerter Spannung der vernieteten Bleche die Abscherung der Niete eintritt, zunächst ein dem Spielraum entsprechendes Gleiten der Bleche längseinander zu erwarten, welchem sich die Reibung, entsprechend der nicht unbeträchtlichen Längenspannung in den rothwarm angetriebenen und nachher erkalteten Nietbolzen, mit solcher Kraft wiedersetzt, daß die (gewöhnlich

allein in Betracht gezogene) Abscherungsfestigkeit möglicherweise gar nicht zur Entwickelung kommt.

Um den Widerstand gegen dieses Gleiten zu messen, wurden drei Streifen des 6 Millim. dicken Gußstahlblechs von je 50 Millim. Breite durch ein rothwarm angetriebenes, 16 Millim. im Durchmesser (201 Quadr.-Millim. Querschnitt) starkes Niet von Gußstahl in solcher Weise auf einander liegend verbunden, daß das ovale Nietloch des mittleren Blechstreifens ein Gleiten desselben gegen die beiden äußeren gestattete. Demnächst wurde die Belastung beobachtet, bei welcher ein solches Gleiten eintrat. Diese Belastung, dividirt durch den Querschnitt des Nietbolzens, ergab sich

bei einem Versuch = 11,98 Kil.,
bei einem andern = 14,23 „
im Mittel also = 13,10 „ per Quadr.-Millim. Querschnitt.

Bis zur Ueberwindung der Abscherungsfestigkeit konnte, wegen unzureichender Festigkeit der Aufhängungsvorrichtung, die Belastung nicht gesteigert werden.

Durch zwei weitere Versuche, bei welchen nur zwei Blechstreifen, der eine mit ovalem Nietloch, durch ein rothwarm angetriebenes Gußstahlniet verbunden waren, wurde das wirkliche Verhalten der Nietung eines Dampfkessels richtiger dargestellt, wenn auch die Erscheinung des Gleitens weniger rein hervortreten mochte, wegen der etwas excentrischen Richtung des Zuges und der dadurch verursachten einseitigen Pressung der Nietköpfe gegen die Bleche.

Der Widerstand gegen das Gleiten wurde = 17,09 resp. 17,47, im Mittel also = 17,28 Kil. per Quadr.-Millim. Querschnitt des Nietbolzens gefunden.

Erwägt man, daß in beiden Fällen die Reibung in zwei Gleitflächen stattfindet, und daß der Reibungscoefficient auf höchstens $^1/_3$ geschätzt werden kann, so mußte in den Nietbolzen eine beständige Längenspannung von wenigstens

$$\frac{13,16}{2}\,3 = 19,65 \text{ resp. } \frac{17,28}{2}\,3 = 25,92 \text{ Kil.}$$

per Quadr.-Millim. Querschnitt vorhanden sein, d. h. eine ungefähr ebenso große Spannung, als im Blech selbst an der schwächsten Stelle erst bei der Probe unter einem innern Druck von 17 Atmosphären erreicht wurde.

Die Berichterstatter weisen aus Veranlassung dieses, einigermaßen überraschenden Resultates darauf hin, daß, wenn auch bei Dampfkesseln ein solcher Spannungszustand der Niete durch die Rücksicht auf

möglichste Dichtheit der Fugen sich motiviren lasse, derselbe doch bei der gewöhnlich auf gleiche Weise — bei Rothglühhitze der Niete — gebildeten Vernietung von Blech- und Gitterbrücken kaum ein normaler genannt werden könne. Es werden hierdurch zwar die, in Folge unregelrechter Bohrung der Nietlöcher, eintretenden schädlichen Wirkungen einigermaßen aufgehoben, es geschieht eine solche Ausgleichung aber stets auf Kosten einer beständigen und oft sehr großen Längenspannung der Niete, welche verursacht, daß die von der Belastung abhängige transversale Spannung, auf Grund welcher ihre Dimensionen berechnet werden, vielleicht gar nicht zur Entwickelung gelangt. Zugleich wird erwähnt, daß bei mehreren in Deutschland ausgeführten Brücken dieser abnorme Zustand — freilich mit größeren Unkosten — durch eine sehr sorgfältige Herstellung der Nietlöcher in Verbindung entweder mit kalter Nietung oder Ersetzung der Niete durch Schraubenbolzen — Pauli'sche Brückenträger — umgangen worden sei.

Auf Grund der in dem Vorstehenden näher erörterten günstigen Versuchsresultate und in besonderer Berücksichtigung des einstimmigen Gutachtens der Commission centrale des machines à vapeur, fand sich die Regierung bestimmt, den aus Gußstahlblech verfertigten Dampfkesseln eine Toleranz von $^1/_3$ der gesetzlichen Blechstärke zu gewähren. Auf Locomotivkessel sollte eine solche Ausnahme jedoch vorläufig noch keine Anwendung finden. Durch Verfügung des Herrn Ministers vom 18. Mai 1859 wurde die Commission zur Ausführung weiterer Versuche, insbesondere zur Untersuchung des während eines Zeitraumes von beinahe drei Jahren in ununterbrochenem Betrieb gewesenen Dampfkessels veranlaßt.

Nach Entfernung der Ummauerung des Dampfkessels ergab die sorgfältige Prüfung seiner äußeren Beschaffenheit, daß sich dieselbe in tadellosem Zustande befand. Die der directen Wirkung des Feuers ausgesetzt gewesenen Bestandtheile des Kessels hatten keine sichtbare Aenderung erfahren; die Wandungen waren durchweg wohlerhalten, die Blechkanten scharf und fest anschließend, und es waren die Nietköpfe unversehrt.

Der Kessel wurde nunmehr einer dreimaligen wiederholten, bis zu 21 Atmosphären gesteigerten, Druckprobe unterworfen. Es zeigten sich auch hierbei nur wenige undichte Stellen. Der ausgeübte Druck entsprach einer Umfangsspannung von circa 17 Kil. per Quadr.-Mill. im vollen Querschnitt, also einer Spannung von circa 25,5 Kil. in dem durch die Nietreihen auf $^2/_3$ verminderten Querschnitt, eine Ziffer, welche als sehr beträchtlich zu erachten ist bei einem Versuch, welcher

nicht sowol zur Messung der normalen Festigkeit des Bleches selbst, als vielmehr zur Erkennung schadhafter Stellen im Blech und in der Nietung dienen sollte.

Der Kessel wurde jetzt zerstört, nachdem die Bleche mit Zeichen zur Erkennung ihrer früheren Lage im Kessel versehen worden waren. Zur Prüfung der absoluten Festigkeit und Dehnbarkeit seiner, der Wirkung des Feuers ausgesetzt gewesenen Bestandtheile wurden Versuchsstücke in derselben Weise wie die früher gelieferten Blechproben gebildet, und es wurden jetzt mit einer Belastung von 36—40 Kil. per Qu.-Mill. Querschnitt beginnend, für allmählich bis zum Bruch gesteigerte Belastungen, nicht nur die unter der Last eingetretenen Dehnungen, sondern auch die bleibenden Dehnungen nach Aufhebung der Last gemessen; für kleinere Belastungen war bei der Beschränktheit der disponiblen Mittel eine sichere Messung nicht möglich. Die Versuchsresultate sind nachstehend verzeichnet, wobei wieder p die Belastung in Kil. per Quadr.-Millim. Querschnitt, λ die verhältnißmäßige Dehnung während der Belastung, λ' aber die nach der Entlastung bleibende Dehnung bezeichnet.

	p	λ	λ'	
Probe von der directen Heizfläche, senkrecht gegen die Walzrichtung	36,36	0,0037	—	
	40,90	0,0098	0,0073	
	45,45	0,0196	0,0171	
	46,93	0,0232	0,0208	
	51,18	0,0367	0,0367	
	54,00	0,0490	0,0490	
	57,48	0,0980	—	Bruch.
Probe von der directen Heizfläche, im Sinne der Walzrichtung	40,18	0,0074	0,0049	
	49,76	0,0222	0,0173	
	51,69	0,0297	0,0272	
	55,92	0,0396	0,0396	
	60,66	0,0990	—	Bruch.
Probe vom obern Theil des Kessels, senkrecht gegen die Walzrichtung	39,32	0,0172	0,0148	
	48,68	0,0370	0,0370	
	50,57	0,0444	0,0444	
	54,71	0,0740	0,0740	
	57,82	0,0913	0,0913	
	59,93	0,1164	—	Bruch.

Aus der Vergleichung der vorstehenden Resultate mit den betreffenden Zahlen der früheren Versuchsreihe ergiebt sich zunächst die bemerkenswerthe und den bereits erwähnten gegensätzlichen Zusammenhang zwischen Festigkeit und Dehnbarkeit bestätigende Thatsache, daß erstere (59,36 im Mittel) größer als früher (48,65 im Mittel), letztere dagegen (0,104 im Mittel) kleiner als früher (0,157 im Mittel) gefunden wurde.

Nachdem die verhältnißmäßige Dehnung bei nach und nach gesteigerter Belastung eine Größe von 0,038 im Mittel erreicht hatte, ließ sich mit den vorhandenen Beobachtungsvorrichtungen eine Verminderung derselben bei der Entlastung nicht mehr mit Sicherheit wahrnehmen. Diese Dehnung entspricht einer Belastung von im Mittel 51,93 Kil. per Quadr.-Millim. Querschnitt. Letztere Zahl dürfte in dem vorliegenden Falle als das wahre Maß der Festigkeit zu betrachten sein, indem sich erwarten läßt, daß jene Belastung, wenn nur längere Zeit hindurch wirkend, den Bruch herbeigeführt haben würde. (Die Berichterstatter verwahren sich dabei ausdrücklich gegen den Anspruch auf wissenschaftliche Genauigkeit dieser Resultate, welche vielmehr dem vorliegenden Zweck entsprechend, einen blos praktischen Werth haben und mit Hülfmitteln erreicht wurden, wie eine mechanische Werkstatt sie darbietet.)

Von praktischer Wichtigkeit ist aber die Thatsache, daß weder die Walzrichtung, noch die Einwirkung des Feuers während eines dreijährigen Dienstes einen wesentlichen Einfluß auf die Festigkeit und Dehnbarkeit des Stahlblechs ausüben.

Schließlich wurde versucht, wenigstens eine untere Grenze für die Festigkeit der Gußstahlniete zu erhalten, indem aus dem Kesselblech zwei durch ein Niet verbundene Streifen geschnitten und diese nach und nach einer Belastung von 8000 bis 11000 Kil. unterworfen wurden. Bei 10500 Kil. Belastung entstand ein Riß in dem (äußern) conischen Nietkopf, der sich bei 11000 Kil. erweiterte und zu einem leichten gegenseitigen Gleiten der beiden Blechstreifen führte. Weiter als bis 11000 Kil., d. i. 54,7 Kil. per Quadr.-Millim. des Nietquerschnitts konnte wegen begrenzter Festigkeit des Krahns und der Suspensionskette die Belastung nicht gesteigert werden.

In dem ferneren Verlauf ihres Gutachtens erörtern die Berichterstatter die Gründe, welche sie zur Ausführung selbstständiger Versuche über die absolute Festigkeit und Dehnbarkeit der Gußstahl- und Eisenbleche veranlaßt haben. Sie heben die bessere Vergleichbarkeit der unter ähnlichen Bedingungen gewonnenen Versuchsresultate be-

sonders hervor, und legen auch noch darauf ein Hauptgewicht, daß, weil man bei den früher stattgehabten Ermittelungen der absoluten Festigkeit von Blechen auf die Dehnbarkeit des Metalls keine Rücksicht genommen habe, gerade diesem Umstande in dem vorliegenden Falle besondere Aufmerksamkeit zu widmen sei. Sie weisen darauf hin, daß es unter den zahlreichen Anwendungen des Eisens nur zwei gebe, bei welchen man dieser letzteren Eigenschaft wegen sich Sorgen zu machen pflege, nämlich: bei der Verfertigung von Ketten und Hängestangen für Kettenbrücken, so wie von Ankerketten für die Marine. Wenn nun aber auch bei Dampfkesseln das Metall nicht wie bei jenen Anwendungen der Einwirkung von Stößen ausgesetzt sei, denen es durch seine elastische Deformation müsse Widerstand leisten können, so sei doch namentlich mit Rücksicht auf die Bearbeitung, welcher das Blech bei der Fabrikation der Kessel unterworfen wird, genügende Dehnbarkeit nicht weniger nöthig: das Lochen und Verstemmen verbietet ein sprödes Blech, und wenn auch selbst diese Arbeiten nicht unmittelbar zu Rissen führen, so erhöhen sie doch die Sprödigkeit eines an sich schon spröden Blechs und vermindern also die Widerstandsfähigkeit eines Kessels gerade an den Stellen, in den Nietreihen, wo er derselben des verminderten Querschnitts wegen am meisten bedarf.

Die Explosion des Kessels der Locomotive la Turquie (Station Dormans, Linie Paris—Straßburg) am 20. August 1857 wird als Beispiel angeführt, wobei der erwähnte Umstand augenscheinlich die Explosion verursacht habe. Die Versuche mit den, dem explodirten Kessel entnommenen 6 Probestücken ergaben eine Festigkeit = 28,4 bis 37,6 Kil. im Mittel = 33,85 Kil. per Quadr.-Millim., Zahlen, welche für Blech aus Puddeleisen genügend erscheinen. Die ungenügende Festigkeit der Bleche konnte daher nicht die Ursache der stattgehabten Explosion gewesen sein; auch deuteten alle Umstände darauf hin, daß ein zu niedriger Wasserstand nicht vorhanden und die Dampfspannung bei weitem nicht so hoch gewesen sein konnte, daß dadurch eine Ueberwindung der normalen Festigkeit der Bleche, selbst in dem durch die Niete um 0,44 verminderten Querschnitt, hätte eintreten können. Es wurde aber auch die verhältnißmäßige Dehnung jener 6 Proben bei der Bruchbelastung gemessen und als zwischen den weiten Grenzen 0,013 und 0,069 liegend gefunden, woraus hervorgeht, daß wenigstens einige der Bleche große Sprödigkeit besaßen. Diese Eigenschaft des Metalls offenbarte sich bei den Versuchen schon dadurch, daß der Bruch plötzlich, ohne vorhergehende Anzeichen, erfolgte, und daß der Bruchquerschnitt keine meßbare Reduction erfuhr. Schließlich

wird hervorgehoben, daß die Sprödigkeit der Bleche nicht nur die Explosion eines Kessels veranlassen, sondern auch die Gefahr derselben erhöhen könne, indem sie, wie auch im angeführten Falle geschah, ein Zerspringen in viele Stücke zur Folge hat, die auf weite Entfernungen weggeschleudert werden.

Die Versuche der Commission mit Blech aus englischem Puddeleisen und aus weichem Holzkohleisen (von Audincourt) lieferten folgende Resultate für die Dehnungen λ bei den Belastungen p in Kil. per Quadr.-Mill. des anfänglichen Querschnitts, welche Dehnungen sämmtlich innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Beobachtung als bleibend bei der Entlastung erkannt wurden.

Blech von englischem Puddeleisen.				Blech von Holzkohleisen von Audincourt.			
	p	λ			p	λ	
Zug in der Walzrichtung	23	—		Zug in der Walzrichtung	35	0,050	
	32	—	Bruch.		37,9	—	Bruch.
Zug senkrecht gegen die Walzrichtung	22,6	—		Zug senkrecht gegen die Walzrichtung	32,8	0,035	
	28	0,005			33,5	0,045	
	32	0,010			34,5	0,060	
	34	0,015			35,4	—	Bruch.
	35	—	Bruch.				

Aus einer Vergleichung der vorstehenden Versuchsreihen läßt sich folgern, daß die Sprödigkeit des Puddeleisens ein Hauptmangel desselben ist, und daß die Vorzüge des Holzkohleisens weniger in seiner größeren Festigkeit, als vielmehr in seiner großen Dehnbarkeit beruhen, hinsichtlich welcher dieses Blech in der Mitte steht zwischen dem Blech aus Puddeleisen und aus Gußstahl, wobei jedoch zu erwägen, daß es einen in der Unvollkommenheit der Schweißung begründeten wesentlichen Fehler hat, der es unter der Einwirkung des Feuers geneigt macht, sich zu spalten. — Nach den mitgetheilten, für die Einführung des Gußstahlblechs zur Verfertigung der Dampfkessel höchst günstigen eignen Erfahrungen glaubte die Commission auch die Urtheile renommirter Ingenieure und Fabrikanten einholen zu sollen, und zwar nicht nur solcher, welche bereits von diesem Metall zu dem in Rede stehenden Zwecke Gebrauch gemacht hatten (die Herren Pétin und Gaudet lieferten von Juli 1857 bis December 1860 an Gußstahlblechen zu Dampfkesseln 109,000 Kil.), als auch Solcher, welche etwa principieller

Bedenken wegen von der Verwendung desselben bisher Abstand genommen haben möchten. Der Bericht resumirt die von den betreffenden Fachmännern der Commission zugegangenen gutachtlichen Aeußerungen, welchen hier nur einige Notizen entnommen werden mögen:

a) Herr Delacour, ingénieur des constructions navales et des ateliers de la Ciotat, welcher das Gußstahlblech zu zwei kleinen Kesseln an Bord des Packetbootes „La Néva" benutzt hat, constatirt seine leichte Bearbeitung, seine Biegsamkeit, welche die Anwendung von Winkeleisen zur Verbindung unter rechtem Winkel entbehrlich macht, seine vollständige Homogenität und die schätzbare Eigenschaft, unter der Einwirkung des Feuers sich nicht zu spalten und abzublättern wie Eisenblech. Für den cylindrischen Theil des Kessels hält er die Reduction der Dicke auf die Hälfte, im Vergleich mit Eisenblech, mit Sicherheit für zulässig; bei ebenen Kesselwänden hält er aber eine im Verhältniß der geringeren Dicke stehende Vervielfältigung der Bolzen für nöthig, wodurch die Abmeißelung des Kesselsteins sehr erschwert werden wird.

b) Herr Mazeline von Havre hat u. A. bei 6 in der Raffinerie des Herrn Clerc zu Ingouville aufgestellten Kesseln alle dem Feuer ausgesetzten Theile aus Gußstahlblech verfertigt; sie sind seit zwei Jahren in Betrieb und verspricht sich Herr Mazeline von ihnen die vierfache Dauer eiserner Kessel. Mit dem Marine-Ministerium steht derselbe in Unterhandlung wegen Verwendung des Gußstahlbleches, wenn nicht zur Construction der ganzen Kessel, so doch wenigstens der dem directen Feuer ausgesetzten Theile. Auch er führt an, daß sich das Gußstahlblech niemals im Feuer spalte, ferner, daß es bei Hellrothglühhitze sich vortrefflich verarbeiten lasse und eine nur mit derjenigen des reinen Rothkupfers vergleichbare Hämmerbarkeit besitze; für die cylindrischen Kesselwände hält er die Reduction der Dicke um $^1/_2$, für die ebenen Wände um $^1/_3$ für zulässig.

c) Herr Houel, ingénieur des établissements de la société Cail, stimmt in Betreff der vorzüglichen Eigenschaften des Metalls mit den zuvor genannten Fachmännern überein, glaubt aber, daß die Reduction durch die Blechstärke auf die Hälfte an die Bedingung einer doppelten Nietreihe geknüpft und außerdem der Umstand in Betracht gezogen werden müsse, ob die Bleche dem directen Feuer oder der Einwirkung des Meerwassers ausgesetzt sind oder nicht. Für die dem Feuer oder der Einwirkung des Meerwassers ausgesetzten Flächen schlägt er die Formeln vor:

$e = 0{,}90\,(n-1)\,d + 2$ Millim. bei doppelter Nietreihe,

$e = 1{,}4\;\,(n-1)\,d + 3$ „ „ einfacher Nietreihe;

anderen Falls die Formeln:

$$e = 0{,}65\,(n-1)\,d + 2 \text{ Millim. bei doppelter Nietreihe,}$$

$$e = 0{,}80\,(n-1)\,d + 2 \text{ „ „ einfacher Nietreihe;}$$

endlich für die einem äußeren Druck ausgesetzten cylindrischen Flächen:

$$e = 1{,}8\,(n-1)\,d + 3 \text{ Millim.}$$

d) Die Ingenieure der Ostbahn machten mit einem 1858 gebauten, mit Herd und Feuerbüchse von Gußstahl versehenen Locomotivkessel anfänglich nicht ganz günstige Erfahrungen; es zeigten sich Risse im untern Theil des Herdes, und es stellte sich die Meinung fest, daß es dem Stahl etwas an Weichheit fehle. Nach einigen Reparaturen hielt sich übrigens der Kessel gut; derselbe hatte bei der Berichterstattung bereits 400 Kilometer durchlaufen.

e) Herr Boutmy, ingénieur du matériél de la section sud du réseau de Paris à la Méditerranée, theilt Beobachtungen mit, welche mit denjenigen der Ingenieure der Ostbahn übereinstimmen. Bei zwei Locomotiven mit einem Feuerherd von Gußstahl (Bleche von 10 bis 11 Millim. Dicke, außer der vorderen durchlochten Platte, welche 18 Millim. stark ist) hat man Anfangs große Schwierigkeiten gehabt, die 0,09 bis 0,10 Meter entfernt liegenden Bolzen dicht zu halten; sie waren von Eisen und mußten durch solche von Rothkupfer ersetzt werden. Bei der letzten Besichtigung zeigten einige von den Bolzlöchern als dem Anschein nach in der Walzrichtung verlaufene leichte Risse. Uebrigens wurden weder blasige noch abgeblätterte Bleche beobachtet; bei der Herstellung ließen die Blechränder sich sehr gut biegen, und es haben die Vernietungen sich gut gehalten.

f) Das Comité der Mechanik der gleichfalls um ihre Meinung befragten Société industrielle de Mulhouse benutzte die Gelegenheit, über die Bestimmungen des in Kraft stehenden französischen Regulativs überhaupt seine Erfahrungen und Wünsche auszusprechen, welche auf die Annahme des in England herrschenden und kürzlich auch in Preußen angenommen Princips, d. h. auf das Weglassen jeder Vorschrift über die Blechstärke hinauslaufen.

g) Im Gegensatz zu der Ansicht seiner Collegen befürwortet Herr Hirn von Logelbach die Aufrechthaltung und strengste Ueberwachung der Ausführung des Reglements, in fraglicher Beziehung und scheint selbst eine Rücksichtnahme auf die Qualität des Metalls nicht befürworten zu wollen.

h) Herr Farkot geht nicht so weit wie Herr Hirn, indem ihm wenigstens eine beträchtliche Toleranz zu Gunsten des Gußstahlblechs unbedenklich erscheint.

Die weitere Verfolgung dieser Sammlung von Erfahrungen und gutachtlichen Aeußerungen glaubte die Commission unterbrechen zu dürfen, da inzwischen die Commission centrale des machines à vapeur mit der Bearbeitung einer durchgreifenden Revision der reglementarischen Bestimmungen von 1843 beauftragt worden war.

Nur die außerhalb Frankreich gemachten Erfahrungen glaubte die Commission noch in Erwägung ziehen zu müssen.

In Betreff Deutschlands wird bemerkt, daß, so vielfältig dort, insbesondere in Preußen, die Verwendung des Gußstahls im Maschinenbau auch sei, dies doch von demselben in Form von Blech viel weniger gesagt werden könne; es wird ferner des die Anwendung des Gußstahlblechs zu Dampfkesseln betreffenden provisorischen preußischen Ministerial-Rescripts vom 11. October 1859 Erwähnung gethan, welches übrigens durch das neue Regulativ, betreffend die Anlage von Dampfkesseln, vom 31. August 1861, bereits anderweitige Erledigung gefunden hat.

In Betreff Englands wird Herr D. K. Klark, Verfasser der Schrift: „Recent practice in the locomotive engine. London, 1860" als Autorität angeführt, welcher die günstigste Meinung über die Verwendung des neuen Materials zu Dampfkesseln ausspricht. Nach seinen Angaben werden in Sheffield Gußstahlbleche zu Dampfkesseln fabricirt, deren absolute Festigkeit im Durchschnitt 67 Kil. per Quadr.-Millim. beträgt, während die vorzüglichen Eisenbleche von Yorkshire durch eine Belastung von 39,4 Kil., diejenigen von Staffordshire durch eine Belastung von 31,5 Kil. per Quadr.-Millim. zerrissen werden. Die Berichterstatter bedauern, daß bei der Ermittelung der Festigkeit der gedachten Blechgattungen nicht auch gleichzeitig ihre Dehnbarkeit gemessen worden sei. — Es wird ferner auf die im Jahre 1858 durch das Mining-Journal veröffentlichten Mittheilungen hingewiesen, denen zufolge Blech von Puddelstahl bereits mit Erfolg angewendet worden sei, so namentlich bei einem zur Auskundschaftung des Niger bestimmten Dampfbootes. Bei diesem Schiff wurden, um das Gewicht desselben auf ein Minimum zu beschränken, die ganze Bekleidung und die Kessel aus diesem Material angefertigt, und zwar in der halben Stärke, in welcher man Eisenblech zu dem gedachten Zwecke würde angewendet haben. Uebrigens spricht der Bericht die Meinung aus, daß dem Gußstahl, wegen seiner gerade so besonders schätzbaren Garantie der Homogenität, unbedingt der Vorzug vor dem Puddelstahl zu fraglichem Zwecke gegeben werden müsse.

Alles zusammengenommen, halten die Berichterstatter es für hinlänglich erwiesen, daß Gußstahlblech bei einem angemessenen Grade der

Kohlung eine doppelt so große Festigkeit, sowie eine wesentlich größere Dehnbarkeit besitzt, als das zu Dampfkesseln gewöhnlich verwendete Eisenblech. Weitere Versuche halten sie aber für nöthig, um den zwischen jenen beiden Eigenschaften der Festigkeit und Dehnbarkeit bestehenden Zusammenhang genauer festzustellen, damit die Fabrikation des Gußstahlblechs in den Stand gesetzt werde, auf rationelle und sichere Weise dasjenige Fabrikat willkürlich zu erzielen, welches für den jedesmaligen Zweck das geeignetste ist. Die Herren Pétin und Gaudet fabriciren zwar zweierlei Sorten Gußstahlblech unter dem Namen: tôle douce und tôle vive, ersteres zu Feuerherden und solchen Theilen, welche getrieben und stark gebogen werden müssen, letzteres zu den cylindrischen und äußeren Theilen des Kessels bestimmt; ob aber unter diesen Bezeichnungen in der That ganz constante Fabrikate erzielt und geliefert werden, glauben die Berichterstatter gegenwärtig noch bezweifeln zu müssen.

Vorschläge der Commission.

In der Voraussetzung, daß es sich im Hinblick auf die in Aussicht stehende durchgreifende Revision der Ordonnanz vom 22. Mai 1843 bei ihren Vorschlägen nur um eine provisorisch ergänzende Bestimmung handeln könne, nahm die Commission auf Grund der von ihr angestellten Ermittelungen keinen Anstand, für Kesselbleche aus Gußstahl eine Reduction der vorschriftsmäßigen Dicke auf die Hälfte zu befürworten. Sie ging jedoch von der Voraussetzung aus, daß es den die Befolgung des Reglements überwachenden Beamten zur Pflicht gemacht werden müsse, die zur Fabrikation der Kessel bestimmten Gußstahlbleche vor ihrer Verwendung in den betreffenden Fabriken zu besichtigen, einzelne Proben zu prüfen und sodann sämmtliche Bleche, auf welche die reglementarische Toleranz Anwendung findet, durch Stempelung als solche kenntlich zu machen.

Von dem Comité für Mechanik der Société industrielle de Mulhouse war hervorgehoben worden, daß eine solche Vorprüfung, bei welcher die Blechstärke, sowie die Beschaffenheit des Materials zugleich in Betracht gezogen werden solle, praktisch unausführbar sei, und es hatte das gedachte Comité insbesondere auf diesen Umstand das Verlangen basirt, daß für die Folge von einer gesetzlichen Vorschrift über die Blechstärken gänzlich Abstand genommen werden möge, denn es könne die Production guter Bleche nur dadurch gehoben und gefördert werden, daß man dem fabricirten Material eine freie, seiner Beschaffenheit entsprechende, Verwendung zu Theil werden lasse.

Die Commission vermag diesen Ausführungen nicht in allen Punkten

beizutreten. Sie erkennt zwar an, daß alle gesetzlichen Vorschriften in Sachen der Industrie einen progressiven Charakter haben, daß sie mit der Zeit veralten und periodisch dem Zustand und den Bedürfnissen der Industrie aufs Neue angepaßt werden müssen, und daß daher in Betreff der Dampfkessel das Bedürfniß einer Revision und Aenderung der bestehenden gesetzlichen Vorschriften vorhanden sei. Durch das vollständige Freigeben der Blechstärken aber würde man aus dem einen Extrem in das andere geführt werden. Die in Kraft stehenden Bestimmungen hätten bisher große Dienste geleistet, die Sicherheit begründet, und zu dem guten Ruf der französischen Kesselfabriken wesentlich beigetragen; Garantien bei einem neuen Material, wie Gußstahlblech, seien wenigstens in der ersten Zeit nöthig, und es sei endlich die Zahl der Etablissements, welche sich mit der Fabrikation von Gußstahlblech befassen, nicht eine so große, daß die befürchteten praktischen Schwierigkeiten ins Gewicht fallen dürften.

Was den Umstand betrifft, ob die Bleche der directen Einwirkung des Feuers ausgesetzt sind oder nicht, so ist die Commission nicht der Meinung, daß die Reduction der vorschriftsmäßigen Stärke auf die Hälfte nur auf die letzteren sich beziehen, für die ersteren aber ein geringeres Maaß der Reduction genommen werden solle. Eine solche Unterscheidung, wenn auch nicht ganz und gar ohne Grund, werde gleichwohl auch durch das in Kraft befindliche Reglement nicht gemacht, denn je dicker das Blech, desto mehr sei es, unter übrigens gleichen Umständen, der Gefahr des Verbrennens und Abblätterns ausgesetzt.

Die für Locomotivkessel in Frankreich bereits gewährte Toleranz von $1/3$ der Blechstärke empfiehlt die Commission, neben der Toleranz von $1/2$ zu Gunsten des Gußstahlbleches, für die Bleche jener Kessel aufrecht zu erhalten, so daß danach die Gußstahlbleche für Locomotivkessel nur $1/3$ so dick zu sein brauchten, wie Eisenbleche für stationäre Kessel bei gleichem Durchmesser und gleicher Dampfspannung.

In allen Fällen aber glaubt die Commission ein Hauptgewicht auf die Art der Vernietung der in der Richtung der Länge des Kessels laufenden Fugen legen zu müssen. Sie empfiehlt daher an die Toleranz von $1/2$ der Blechstärke ausdrücklich die Bedingung zu knüpfen, daß jene Vernietung stets mit doppelter Nietreihe ausgeführt sein müsse und zwar in solcher Weise, daß die Niete der einen Reihe mit den Mitten der Zwischenräume der andern Reihe correspondiren. Nach Versuchen von Fairbairn, vom Jahr 1858, wird nämlich durch eine in üblicher Weise proportionirte einfache Nietreihe die Zerreißungsfestigkeit des Blechs in der Richtung senkrecht gegen die Nietreihe auf 0,56 reducirt,

nahe übereinstimmend mit dem theoretischen Werth = 0,61, welcher sich streng genommen nur für sehr dünne Bleche ergiebt, wenn der Querschnitt eines Nietes gleich demjenigen eines Intervalls und der Durchmesser eines Niets gleich der zweifachen Blechstärke gesetzt wird, wo hingegen bei zweifacher Nietreihe nur eine Reduction = 0,70 eintritt. Die Berichterstatter würden es daher für unverzeihlich halten, wenn man auf eine so wesentliche und zu den größeren Kosten ganz außer Verhältniß stehende Vermehrung der Widerstandsfähigkeit Verzicht leisten wollte.

Es wird außerdem hervorgehoben, daß jene Reduction in der Zerreißungsfähigkeit durch die Vernietung auf 0,56 resp. 0,70 keine absolute Größe, sondern eine Funktion der Blechstärke sein müsse (wenn auch immer der Durchmesser der Niete dasselbe Verhältniß zur Blechstärke behält); in der That ist bei stärkeren Blechen eine größere Abweichung ihrer Mittelebenen von der mittlern Zugrichtung, also eine größere Neigung zur Biegung um die Nietreihe, mithin eine größere Schwächung unter sonst gleichen Umständen zu erwarten. Diese Erscheinung ist übrigens auch durch directe in England angestellte Versuche, worüber Herr D. K. Clark berichtet, bestätigt worden: ein Argument mehr zu Gunsten der Anwendung eines Materials, welches bei gleicher Widerstandsfähigkeit eine wesentliche Reduction der Blechstärke ermöglicht.

Die Commission benutzt diese Gelegenheit, um die Constructeure auf ein die Vernietung betreffendes Detail aufmerksam zu machen. Bekanntlich entstehen die meisten Undichtheiten an Dampfkesseln in der Gegend der directen Heizflächen. Hier sind die äußeren Nietköpfe der Wirkung der Stichflamme ausgesetzt. Ihre Verbrennung hat zur Folge, daß die Bleche sich von einander trennen und Undichtheiten entstehen. Zur Abhülfe dieses Uebelstandes schlägt die Commission vor, der äußern Hälfte des Nietbolzens eine nach außen sich erweiternde conische Form zu geben, das Loch im äußern Blech also entsprechend conisch auszuarbeiten, so daß das Niet auch nach dem gänzlichen Abbrennen des eigentlichen Kopfes noch wie ein Niet mit versenktem Kopfe wirksam bleibt.

(Anmerkungsweise wird hier in Betreff der Nietung noch auf die Versuche aufmerksam gemacht, welche in Woolwich von Herrn Bertram mit der von ihm erfundenen Schweißungsmethode angestellt wurden, wodurch unter Beseitigung aller Niete dem Blech seine volle Widerstandsfähigkeit erhalten zu werden scheine. Herr D. K. Clark zweifelt nicht, daß über kurz oder lang durch solche Schweißung die Nietung verdrängt werden würde.)

Mit Untersuchungen über die zu ebenen Wänden erforderliche

Stärke der Gußstahlbleche, bedingt durch die Vertheilung der Verankerungen, hatte die Commission sich nicht zu beschäftigen, da diese Frage auch bei Anwendung von Eisenblech dem Ermessen der Constructeure überlassen ist; nur wird darauf aufmerksam gemacht, daß bei gleicher Vertheilung jener Anker oder Bolzen die Reduction der Dicke des, hier in anderer Art als bei einfachem Zuge in Anspruch genommenen Bleche selbst eine andere (geringere) sein müsse.

(Unveränderter Abdruck aus J. 1. 1861, S. 266;*) dar. J. 2. 1862, Bd. 164, S. 3.

4) Die nachfolgenden, mit Gußstahlkessel erhaltenen Versuchsresultate sind Berichten entnommen, welche der Königl. Bauinspector Dickmann zu Hagen dem Königl. Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten seiner Zeit mittheilte. Der erste in Rede stehende Gußstahlkessel betrifft einen solchen, welcher in der Kesselfabrik von L. Stuckenholz zu Wetter a. d. Ruhr angefertigt und in dem Puddlings- und Walzwerk von Peter Harkort und Sohn in Schönthal bei Wetter aufgestellt und in Betrieb gesetzt worden. Der Kessel hat eine cylindrische Form, keine Feuerröhren und 4 Fuß Durchmesser bei 30 Fuß Länge, einschließlich der kugelförmigen Köpfe. Auf dem Kessel befindet sich ein Dampfdom von 2 Fuß Durchmesser und 2 Fuß Höhe, sowie ein Mannlochaufsatz von 15 Zoll Durchmesser und 10 Zoll Höhe. Die Blechstärke beträgt an dem cylindrischen Theil des Kessels selbst $^1/_4$ Zoll.

Unmittelbar neben diesem Kessel ist ein solcher von Eisenblech eingemauert, welcher bei übrigens genau derselben Form und Größe eine Blechstärke von 0,414 Zoll in seinem cylindrischen Theil besitzt.

Beide Kessel sind auf $4^1/_3$ Atmosphären Dampfdruck concessionirt. Der Gußstahlkessel aber wurde bei seiner Abnahme zunächst auf $6^1/_2$ Atmosphären, demnächst auf $8^2/_3$ Atmosphären, endlich auf 13 Atmosphären geprüft, ohne daß dabei irgend eine Formveränderung oder Undichtigkeit beobachtet wurde, mit Ausnahme zweier Niete, welche unter dem größten Drucke von 13 Atmosphären etwas Wasser durchließen.

---

*) Die in Paris, bei Dunod, 49, Quai des Augustins, erschienene Druckschrift, welcher der in Rede stehende Bericht entnommen ist, führt den Titel: Rapport A. S. Exc. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, sur l'application de la tôle d'acier fondu à la construction des chaudières à vapeur, par une commission composée de M. M. Combes et Lorieux, Inspecteurs généraux des mines, et Couche, Ingénieur en chef, professeur de construction et de chemins de fer à l'École des mines, rapporteur.

Nachdem beide Kessel bei gleicher Feuerung mit einer Dampfspannung von $3^1/_2$ bis $3^3/_4$ Atmosphären $6^1/_2$ Monate lang Tag und Nacht im Betriebe gewesen waren, wurden sie, insbesondere der Gußstahlkessel, während des Stillstandes der Fabrik in den Pfingsttagen 1861 einer sorgfältigen Untersuchung unterworfen, wobei sich ergab, daß die Gußstahlbleche selbst an den dem Feuer am meisten ausgesetzten Flächen und Kanten keine Spur von Beschädigungen erlitten hatten; auch fand sich im Innern des Gußstahlkessels nur sehr wenig, etwa nur halb so viel Kesselstein vor, als in demjenigen von Eisenblech, welchem Umstande es vorzugsweise zuzuschreiben sein mag, daß zufolge der während des Betriebes angestellten Beobachtungen die Verdampfungsfähigkeit des ersteren Kessels um 25 Procent höher war, als die des letzteren, indem die in beiden bei gleicher Feuerung in derselben Zeit verdampften Wassermengen sich nahe wie 5:4 verhielten.

In Folge des über diese Erfahrungen erstatteten Berichtes veranlaßte demnächst das k. Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten zur Vervollständigung des Urtheils über den Gebrauchswerth des fraglichen Gußstahlkessels neue und ergänzende Beobachtungen, welche sich insbesondere auch auf diejenigen Wassermengen bezogen, die in beiden Kesseln nicht sowol bei gleicher Feuerung in derselben Zeit, als vielmehr mit derselben Brennmaterialmenge verdampft wurden.

Die hierdurch veranlaßten, von den Besitzern Herren P. Harkort und Sohn selbst erstatteten Berichte konnten sich bereits auf einem $1^1/_2$jährigen fortwährenden Betrieb stützen und constatirten dieselben zunächst vollkommen auch für diesen längeren Zeitraum die früher mitgetheilten Erfahrungen. Bleche, Niete und Dichtigkeit des Gußstahlkessels waren vollkommen erhalten und war überhaupt noch keinerlei zerstörende Einwirkung des Feuers wahrzunehmen gewesen; auch die geringe Kesselsteinbildung war bei wiederholter Reinigung stets auf's Neue bestätigt gefunden worden; während in allen übrigen Kesseln der Fabrik aus Eisenblech die Steinschicht eine Stärke von ungefähr $^1/_8$ Zoll erreicht hatte, war selbige in dem Gußstahlkessel kaum merklich.

Die wieder aufgenommenen und mittelst des Giffard'schen Apparates sorgfältig durchgeführten Messungen der Speisewassermengen ergaben im Durchschnitt aus 20 auf einander folgenden Schichten à 12 Stunden

für den Kessel aus Gußstahlblech 139,92 Kubikfuß,
„ „ „ „ Eisenblech 112,44 „

pro Schicht, oder 11,66 und 9,37 Kubikfuß pro Stunde. Das Verhältniß beider = 124,44 : 100 stimmt mit dem früher angeführten

= 5 : 4 fast genau überein. Gleichzeitig betrug der Kohlenverbrauch im Durchschnitt für den Kessel aus Gußstahlblech 2706 Pfd.
„ „ „ „ Eisenblech 2772 „
pro Schicht; es wurden also mit 1 Pfd. Steinkohle
im Gußstahlkessel 3,20 Pfd. Wasser,
„ Eisenkessel 2,51 „ „
verdampft und verhielt sich folglich in dieser Beziehung die Verdampfungsfähigkeit beider Kessel wie 127,49 : 100, d. h. es war diejenige des Gußstahlkessels um nahe 28 Procent größer, als die des andern. — Es muß hierbei bemerkt werden, daß diese auf 1 Pfd. Steinkohle bezogenen Wassermengen durchaus nicht die absolute, sondern eben nur die relative Productionskraft beider Kessel darstellen, indem die letztern nicht direct, sondern durch die in den davor liegenden Puddelöfen erzeugten und von denselben schon zum größten Theil ihrer Hitze beraubten Gase geheizt werden. Die Besitzer glauben, daß bei directer Feuerung und entsprechend zweckmäßiger Einrichtung des Feuerraumes und der Züge, das Resultat der Vergleichung in noch höherem Maße zu Gunsten des Gußstahlkessels ausgefallen sein würde; doch war die Anstellung derartiger Versuche ohne übermäßig großen Aufwand an Kosten und Zeit bei den vorhandenen Einrichtungen nicht möglich.

Als weiterer Beleg für die Dauerhaftigkeit des Gußstahlbleches unter der Einwirkung des Feuers wurde Herrn Bauinspector Dieckmann mitgetheilt, daß an Dampfkesseln in den Fabriken von Funke und Elbers in Hagen und von Vorster in Delstern die dem Feuer am meisten ausgesetzten Eisenplatten durch Gußstahlbleche ersetzt und seit resp. etwa 2 Jahren und 1 Jahr sehr bewährt gefunden worden seien, während die früheren Eisenplatten nur etwa 1/2 Jahr brauchbar blieben.

Die Blechstärke anlangend, war man der Meinung, daß nach den bisherigen Erfahrungen für Gußstahlbleche im Allgemeinen die Hälfte der seither für Eisenbleche gesetzlich festgestellt gewesenen Stärke, für höheren Druck wohl eine noch geringere Stärke, etwa 2/5 völlig ausreichend sein werde. Indessen machte Herr Stuckenholz darauf aufmerksam, daß bei einer geringeren Stärke als 3/16 Zoll, die dichte und haltbare Vernietung der Platten sehr schwierig und kaum mehr mit der nöthigen Zuverlässigkeit herzustellen sei; auch die Bearbeitung der Niete von Gußstahl sei schwierig und kostspielig, und deshalb die Anwendung schmiedeeiserner Niete in etwas stärkeren Dimensionen vorzuziehen.

(J. 1. 1862, S. 140; dar. J. 2. 1862, Bd. 165, S. 327.)

5) Die letzterwähnten Resultate, daß nämlich Gußstahlbleche, welche dem directen Feuer ausgesetzt sind, sich von viel längerer Dauer

als Eisenbleche erweisen, werden auch bestätiget durch Erfahrungen, die man in neuester Zeit in Oesterreich zu machen Gelegenheit hatte. So wurden z. B. nach Mittheilungen des Herrn Regierungsrathes W. Engerth in Wien an einem Kessel, der 42 Fuß Länge und eine Eisenblechstärke von 5 Linien hatte, die dem Feuer direct ausgesetzte Bleche durch Gußstahlbleche von $2^1/_2$ Linien Stärke ersetzt: nach $2^1/_2$jährigem starkem Betrieb zeigten sich dieselben noch ganz unversehrt, wogegen die Eisenbleche ringsum schon bedeutend gelitten hatten. Auch wurde bei diesem Kessel neuerdings constatirt, daß sich auf den Gußstahlblechen fast gar kein Kesselstein angesetzt hatte. — Uebrigens hat der Gewerbeverein in Wien beim k. k. Handelsministerium den Antrag gestellt: es möge bei einer Revision und neuen Redigirung des jetzt in Oesterreich bestehenden Gesetzes über die Sicherheitsmaßregeln gegen die Gefahr von Dampfkesselexplosionen ein Paragraph eingeschaltet werden, nach welchem es in Zukunft gestattet sein solle, zu Dampfkesseln auch Gußstahlbleche zu verwenden, deren Stärke jedoch nur halb so groß zu sein brauche, als diese jetzt nach der Vorschrift bei den Eisenblechen sein muß. Als ein für die Praxis geeignetes Mittel, das zu Dampfkesseln zu verwendende Gußstahlblech auf seine Geschmeidigkeit zu prüfen, wurde in Vorschlag gebracht, daß dasselbe sich im kalten Zustande um einen rechten Winkel biegen lasse, ohne dabei rissig und ungauz zu werden.

(J. 15 und 22; dar. J. 2. 1863, Bd. 168, S. 153.)

B. Neue Formen von Dampfkesseln.

Ehe wir uns der Beschreibung einiger Dampfkessel zuwenden, welche besonderen Zwecken zu dienen bestimmt sind, möchten wir hier auf eine Ungenauigkeit aufmerksam machen, mit welcher man bisher ziemlich allgemein die Wirkung des Brennmaterials auf den Dampfkesselbetrieb angab. Da nämlich das verlangte Resultat jeder Dampfkesselanlage darin besteht, eine bestimmte Dampfmenge in möglichst billigster Weise herstellen zu können, so gab man als Maß für die Construction einer solchen Anlage gewöhnlich an: wie viel die Gewichtseinheit eines Brennstoffs Gewichtseinheiten Dampf zu liefern im Stande ist. So lange es sich um vergleichende Versuche verschiedener Feuerungsanlagen oder Kessel mit ein und demselben Brennstoff handelt, wird diese Art und Weise der Messung gewiß richtig sein, und man kann dann leicht noch einen dritten Factor, nämlich die Zeit in die Rechnung einführen; ganz ilisorisch werden hingegen derartige Versuchsresultate, wenn es sich sowol um verschiedene Brennmaterialien, als auch Dampfkesselanlagen von verschiedener Construction handelt, da die Heizkraft der

verschiedenen Brennstoffe bekanntlich mit der chemischen Zusammensetzung derselben variirt. Es läßt sich aber aus der chemischen Zusammensetzung eines Brennstoffs ganz genau die Wärmemenge W bestimmen, die 1 Pfund desselben zu entwickeln im Stande ist, ebenso die Wärmemenge w angeben, die 1 Pfund Wasser von gewisser Temperatur braucht, um zu verdampfen; es liefert somit der Quotient $\frac{W}{w} = D$ die theoretische Dampfmenge, welche 1 Pfund Brennstoff zu liefern im Stande wäre. Da nun die Dampfmenge D', welche 1 Pfund des vorliegenden Brennstoffs in Wirklichkeit zu liefern im Stande ist, durch Versuche zu erhalten ist, so würde, nach Grundsätzen, wie solche bei Berechnung von Kraftmaschinen schon lange eingeführt sind, der Quotient

$$\frac{D'}{D} = u$$

den Nutzeffect der Dampfkesselanlage repräsentiren, und dieser einen ganz richtigen Urtheilsmodul für die betreffende Anlage und das vorliegende Heizmaterial liefern.

Von besonderen Kesselformen haben wir nun folgende zu erwähnen:

1) Der Ingenieur Herm. Knop hat neuerlich einen, in den Figg. 7 und 8 in zwei Durchschnitten dargestellten Kessel construirt und mehrfach ausgeführt, für welchen die gestellten Anforderungen folgende waren: Tafel I. Fig. 7 u. 8.

Der Kessel sollte nämlich

a) möglichst rasch Dampf erzeugen können,
b) möglchst wenig Raum einnehmen,
c) bei alledem sich aus Blechtafeln von den im Handel üblichen Dimensionen derart herstellen lassen, so daß fast gar kein Verschnitt stattfindet, und
d) nur 49 Quadratfuß Heizfläche besitzen, um dem Preußischen Kesselregulativ zufolge auch inner- und unterhalb von Menschen bewohnter Räume aufgestellt werden zu dürfen.

Der Kessel besteht zunächst aus einem cylindrischen Mantel A. In der Achse desselben und mit dem Mantel selbst unten durch einen starken schmiedeeisernen Ring vernietet, steigt ein conisches Feuerrohr B auf, das sich an seinem obern Ende in zwei horizontale Seitenstutzen C auszweigt. Oben ist der Kessel verschlossen durch einen gewölbten Deckel, auf welchen der Dom nur angeschraubt wird, damit man nach Abnahme desselben nöthigenfalls den Kessel, der Reinigung halber, mit dem Kratzmeißel befahren kann. Um eine solche Reinigung zu erleichtern, sind

auch zwischen dem untern Theile des conischen Feuerrohres und dem Mantel 4 Zoll Luft gelassen, die man da, wo das Speisewasser keinen festen Kesselstein absetzt, auf 2 Zoll beschränken könnte. Die Einmauerung des Kessels ist so angeordnet, daß von der conisch versenkten Feuerung aus der Zug durch das conische Feuerrohr aufsteigt, von den horizontalen Stutzen aus an zwei diametral einander gegenüberliegenden Stellen am Kesselmantel tritt und von hier ab in zwei spiralförmigen Kanälen an der Feuerung vorbei bis unter den Fußboden derart hinabfällt, daß der Zug in jedem Kanal außer seiner abfallenden Strömung zugleich noch einen Halbkreis beschreibt. Unter dem Fußboden vereinigen sich dann die beiden Kanäle zu einem einzigen, dem mit einem Rauchschieber versehenen, nach dem Schornstein führenden Fuchs. Aus den Ansichten ist ersichtlich, daß die Längen der beiden getheilten Kanäle sich einander gleichbleiben und somit denn auch die Zuggeschwindigkeiten der aus denselben abströmenden Verbrennungsgase.

Der Kessel wurde zweimal zum Betriebe von Wanddampfmaschinen mit 7 Zoll Cylinderdurchmesser, und ein anderes Mal zur Erzeugung von Wasserdämpfen überhaupt in einer Färberei ausgeführt. Die Dampfentwickelung erfolgte bei jedem Exemplare außerordentlich rasch; und da die Einmauerung einen cylindrischen Körper von nur 5 Fuß 3 Zoll Durchmesser und 7 Fuß 1 Zoll Höhe bildet, da ferner für den Schornstein schon eine in den Zimmerwänden liegende, etwas breite russische Röhre genügen würde, so ist der Kessel in irgend einer Ecke selbst des kleinsten Fabriklokals ohne viel Umstände und Raumbeengung aufzustellen.

(J. 4. 1863, S. 209.)

Tafel I. Fig. 9. 2) Der im Nachfolgenden beschriebene, von Herrn F. J. Müller in Carolinenthal (bei Prag) construirte Dampfkessel, welcher in Fig. 9 in einem verticalen Durchschnitt dargestellt ist, zeichnet sich vor den gewöhnlichen dadurch aus, daß einerseits in dem Kessel eine große Circulation stattfindet, andernfalls derselbe auch geeignet ist, als Abdampfungsapparat zu dienen, wie aus nachfolgender Beschreibung hervorgehen wird.

Der Obertheil C des Kessels, der zugleich den Dampfraum enthält und wie gewöhnlich mit einem Sicherheitsventil a und einem Manometer b versehen ist, steht durch das Uebersteigrohr c mit dem Communicationsrohr D in Verbindung; an das letztere ist das Wasserstandsglas d angesetzt. In den ebenen Boden f des Obertheils C münden die vertical oder geneigt gestellten, schmiedeeisernen, kupfernen oder messingenen Röhren E. Die äußeren Umflächen dieser Röhren stellen

die gesammte Heizfläche des Kessels dar, und es hängt daher die Länge, Weite und Zahl der Röhren von dem Verdampfungsvermögen, für welches der Kessel bestimmt ist, ab; jedoch ist der Durchmesser niemals kleiner als 80 Millimeter zu nehmen. Die untern Enden der Röhren sind in dem ebenen Deckel e des Untertheils F befestigt. Obertheil C und Untertheil F können aus Eisenblech oder Stahlblech hergestellt werden. An den Boden h des Untertheils F schließt sich ein Ablaßrohr i an, welches vermittelst Hahns oder Ventils verschließbar ist und zum Ablassen des Wassers dient, wenn der Kessel gereinigt werden soll.

Das neben dem Hauptkessel und parallel neben demselben aufgestellte Communicationsrohr D steht mit dem Obertheil C und dem Untertheil F durch Rohrstutze G in Verbindung und hat auf seinem Deckel ein Absperrventil K, während unten das Speiserohr H in dasselbe einmündet. Dieses Communicationsrohr hat den Zweck, eine lebhafte Circulation herzustellen und das Wasser in der Richtung der Pfeile aus dem Untertheil F durch die Röhren E nach dem Obertheil C zu treiben und dasselbe aus diesem, durch den obern Rohrstutz G, wieder in den Untertheil F des Hauptkessels abzugeben. Zur Beförderung dieser Circulation ist es bei größeren Kesseln zweckmäßig, zwei solche Communicationsrohre anzubringen.

Da der untere Verbindungsstutz G nur wenig unter dem Boden e des Untertheils F liegt, so bleibt der Raum X, insoweit er sich unter dem Stutze befindet, von der Circulation ausgeschlossen. Das in diesem Raume enthaltene Wasser hat also nur eine sehr geringe Bewegung und bietet den festen Bestandtheilen, welche bei der Erhitzung in den Röhren sich ausgeschieden haben, Gelegenheit, sich abzulagern. Da nun der Untertheil F dem directen Feuer nicht ausgesetzt ist, so ist mit der Ablagerung des Schlammes am Boden und an den Wänden desselben durchaus keine Gefahr verbunden. Eine Ablagerung in den Röhren kann aber aus doppeltem Grunde nicht stattfinden, weil in ihnen eine lebhafte Circulation unterhalten wird und weil sie eine verticale oder wenigstens stark geneigte Lage haben.

Die gasförmigen Verbrennungsproducte nehmen ihren Weg aus dem Feuerraume K in der Richtung der Pfeile und umspülen die Röhen in Schlangenlinien auf dem durch die Zwischenplatten Z vorgeschriebenen Wege. Mit Deckeln versehene Oeffnungen in der Umschließung der Röhren dienen zur Entfernung der Flugasche, und die bei M, M′ und M″ angeordneten Mannlöcher zur Reinigung des Kessels und des Communicationsrohres. Soll dieser Kessel zum Abdampfen benutzt werden, so erhalten der Obertheil C und das Communicationsrohr D

keine Deckel; die Höhe des Obertheils muß aber mindestens gleich dem doppelten Durchmesser desselben gemacht werden.

(J. 3. 1863, S. 501.)

3) Im Anschluß an die soeben beschriebenen Kessel, bei denen die Achsen der cylindrischen Kessel oder Röhren vertical gelagert waren, haben wir hier noch zwei Kessel ähnlicher Construction zu erwähnen, die aber noch das Eigenthümliche haben, daß auch ihre Feuerungen ganz aus Eisen construirt und außerdem leicht transportabel sind. — Bei dem einen dieser, von H. Cater in Southwark construirten Kessel, ist der Feuerraum durch ein nach oben verjüngtes Rohr gebildet, welches in einen Cylinder, durch den Wasserröhren gehen, mündet; dieser Cylinder ist durch schiefstehende Röhren mit einem unter dem Rost liegenden ringförmigen Raume verbunden, der wiederum direct mit dem Schornstein in Verbindung steht. Der Gang der Feuerluft erkennt sich hiernach von selbst. — Bei dem zweiten der hier in Rede stehenden Kessel, welcher von G. Scribe in Gent construirt wurde, ist der Feuerraum ein aufrechtstehender Cylinder. Von seinem oberen Theile seitlich gehen Röhren nach abwärts und münden ebenfalls in einem ringförmigen Raume, der mit dem Schornstein in Verbindung steht und durch welchen außerdem das Speiserohr für den Kessel geht. Bei beiden Kesseln wird der eigentliche, das Wasser fassende Kessel durch einen größeren Cylinder gebildet, der die Feuerbüchse, sowie die um denselben befindlichen Röhren umschließt; auch läßt sich bei beiden, indem man den Feuerbüchsen entsprechende Höhe giebt, im oberen Boden ein Pfropf aus geeigneter Metalllegirung anbringen, der dazu dienen kann, anzugeben, wenn das Wasser bis auf eine gefährliche Stelle gesunken ist.

(J. 41. 1862, S. 19; dar. J. 2. 1852, Bd. 164, S. 161. — J. 27. 1862, S. 314; dar. J. 2. 1862, Bd. 165, S. 247.)

Tafel I. Fig. 10 u. 11.

4) Als Beispiel, welche Wichtigkeit man in neuerer Zeit der Circulation des Wassers in Dampfkesseln beilegt, sei hier zunächst der Dampfkessel von Benson in Cincinati (Amerika) erwähnt, welcher, nach den uns vorliegenden Berichten, bereits in 50 Exemplaren ausgeführt worden. Der Kessel, welcher außerdem auch noch manche andere Eigenthümlichkeit an sich trägt, ist in Kurzem wie folgt construirt: Der, dem Feuer ausgesetzte Theil des Kessels ist aus einer großen Anzahl schmiedeeiserner, horizontal gelagerter Röhren gebildet, die Behufs ihrer Reinigung durch eigenthümlich construirte Kniestücke, wie ein solches in Fig. 10 abgebildet ist, verbunden sind. Die unterste Röhrenreihe ist mit einem weiteren, querliegenden Rohr verbunden, welches mit dem Druck-

rohr der sogenannten Circulationspumpe in Verbindung steht. Diese, welche in Fig. 11 besonders dargestellt ist, schafft 9—10 mal soviel Wasser durch die Röhren, als zu dem nothwendigen Dampfe erforderlich wäre. Dampf und Wasser bewegen sich continuirlich durch die Heizröhren, welche sich wiederum oben in einem quergelegten weiteren Rohre vereinigen. Von diesem letztern Rohre strömen Wasser und Dampf nach einem außerhalb der Feuerung vertical gelegten Cylinder, in welchem sich das Wasser von dem Dampfe trennt. Das erstere wird von dem Rohre A der Circulationspumpe angesaugt und wie erwähnt zur Speisung der Röhren benutzt; der letztere dagegen zum Dampfmaschinenbetrieb verwendet.

Derartige Kessel werden in Amerika besonders für sehr hoch gespannte Dämpfe construirt und für diese deshalb empfohlen, weil sie einerseits große Sicherheit gegen Explosionen gewähren, andernseits, wegen der Circulation des Wassers und der damit verbundenen Reinhaltung der Röhren, die Wärme in sehr vortheilhafter Weise ausnutzen sollen.

(Z. 38. 1861, S. 68; dar. J. 2. 1862, Bd. 163, S. 246.)

5) Mit Rücksicht auf den Uebelstand, daß bei gewöhnlichen Kesseln eine längere Zeit erforderlich ist, um Dampf von gewünschter Spannung zu erhalten, auch in solch einem Kessel eine große Menge Wärme aufgespeichert ist, die bei Zerstörung eines Kesseltheils zu großen Explosionen Anlaß geben kann, hat Herr C. F. Hayes in Enfield einen Kessel ganz eigenthümlicher Construction ausgeführt und in der Elswicker Waffenfabrik in Betrieb gesetzt. Bei diesem Kessel, von welchem Fig. 12 einen Querschnitt giebt, treibt eine kleine, von einer Maschine bewegte Pumpe durch das Rohr a soviel Wasser, als für die zu bildende Dampfmenge erforderlich ist. Dieses Rohr a mündet am hinteren Theile des Cylinders A in Röhren b, die schlangenförmig um denselben gelagert und dem directen Feuer ausgesetzt sind. Vorn und außerhalb der Feuerung münden diese Röhren in einen Ventilbehälter, von dem sie nach den, im Innern von A gelagerten Röhren c gehen, die in einer Brause d endigen, aus der der Dampf tritt, der zum Betrieb verwandt werden soll. Der ganze Cylinder A, sowie die innere Begrenzung der hufeisenförmigen Hülle B wird vom Feuer umspielt, das schließlich aus dem Schornstein C tritt. — Ob das Innere von B mit dem von A in Communication steht, ob ersteres mit Wasser gefüllt ist oder nicht, ob weiter der Betriebsdampf aus A oder aus B entnommen wird, ist aus der uns vorliegenden Quelle nicht klar zu ersehen. Tafel I. Fig. 12.

(Z. 20. 1862, Nr. 12; dar. J. 2. 1862, Bd. 165, S. 74. — Z. 40. 1862, S. 122; dar. J. 2. 1862, Bd. 166, S. 102.)

C. Dampferzeuger für überhitzten Dampf.

Die ökonomischen Vortheile der Anwendung von überhitztem Dampf sind bereits in den früheren Bänden mehrfach erwähnt, und ergab sich nach dem dort Gesagten, daß diese am größten sich herausstellen werden, wenn zur Ueberhitzung eine Wärmequelle benutzt werden kann, welche sonst unbenutzt bleiben würde. Auch ist bereits früher auf die Vortheile aufmerksam gemacht, welche der Dampfmaschinenbetrieb erfahren würde, wenn derselbe, anstatt mit gesättigtem Dampf, mit überhitztem Dampf von geeigneter Temperatur betrieben würde. Wenn wir nun auch wiederum im Nachfolgenden die Beschreibung einiger, der neuesten Zeit angehörender Apparate zur Erzeugung von überhitztem Dampf von hoher Spannung mittheilen, so wird es sich dabei mehr um die Darlegung des neuen dabei angewandten Princips, als um die Mittheilung bereits bewährter Kessel der Art handeln, ein Umstand, der um so mehr zu beklagen, als diese Sache für die Gesammttechnik von hoher Wichtigkeit ist. Das neuere Princip characterisirt sich besonders dadurch, daß man, um die Sicherheit bei Herstellung überhitzter Dämpfe zu vermehren, die Verdampfung nicht direct, sondern durch geeignete Metallmischungen bewerkstelligt, die von der Feuerung aus im Fluß erhalten werden.

Tafel I. Fig. 13. 1) Bereits in Bd. II. S. 90 haben wir des Kessels Erwähnung gethan, welchen der Ingenieur Testud de Beauregard zu Paris in Betrieb gesetzt hatte und der den überhitzten Dampf mittelst eines Metallbades herstellte. Hier sind wir nun im Stande, eine vollständige Beschreibung dieses Kessels mittheilen zu können, wie solche seiner Zeit von dem Ingenieur Herrn Paul Käuffer in der angegebenen Quelle gegeben wurde.

Die betreffende Abbildung, Fig. 13 auf Taf. I, zeigt den verticalen Durchschnitt durch einen Kessel, wie er für eine 4pferdige Maschine erforderlich ist, in dem Maßstabe von $^1/_9$ der natürlichen Größe. Man sieht daraus, daß der Apparat aus drei in einander gesetzten Gefäßen besteht. Das innerste Gefäß, der Verdampfer A, enthält kein Wasser, empfängt aber continuirlich durch die beiden Röhren B und B' zwei Wasserstrahlen zugeführt, welche sofort an der auf circa 280° erhitzten Bodenfläche in überhitzten Dampf verwandelt werden. Ueber dieses Gefäß ist ein glockenförmiges Gefäß C gestürzt, welches den gebildeten Dampf nöthigt, äußerlich an den Wänden des Verdampfers A herab und innerlich an den Wänden des äußersten Gefäßes DD hinaufzugehen, wobei er noch weiter durch die Heizgase, welche letzteres Gefäß von außen bestreichen, erhitzt wird und zugleich zur Conservirung der Metallwände

beiträgt, indem diese von beiden Seiten erwärmt, also etwaige schädliche Spannungen vermieden werden. Der untere Theil des äußeren Kessels E ist mit einer Legirung aus Zinn und Blei gefüllt, welche durch die unter dem Kessel befindliche Feuerung flüssig erhalten wird, und damit sich die Wärme besser dem eingespritzten Speisewasser mittheile, ist der Boden des Verdampfers äußerlich verzinnt, sowie auch der Kesselboden E verzinnt ist. In dem Metallbade befindet sich noch ein Rührer F, mit Hülfe dessen der Kesselheizer erkennen kann, ob das Zinn geschmolzen ist. Ferner ist bei b als Sicherheitsapparat eine Alarmpfeife angebracht, welche bei zu hoch gesteigerter Wärme ertönt. Der Balancier dieser Pfeife wird nämlich durch eine Zugstange a niedergehalten, so lange eine am unteren Ende derselben befindliche, nach dem erforderlichen Wärmegrade zusammengesetzte Metallcomposition festbleibt; schmilzt dieselbe aber, so öffnet das Gegengewicht das Ventil der Alarmpfeife. Endlich ist auch noch ein gewöhnliches Sicherheitsventil auf dem Kessel angebracht.

Wichtiger und eigenthümlicher ist nun aber der Speiseapparat, die sogenannte Aequationspumpe. Es ist dies eine von der gewöhnlichen Speisepumpe gespeiste Druckpumpe, deren Lieferung genau dem Wasserbedarf für 20—30 Minuten Arbeitszeit entspricht, und deren Kolben mit Gewichten oder sonst so stark belastet ist, als es die Spannung im Kessel erfordert. Das Wasser geht, ehe es in den Kessel gelangt, durch einen Dreiweghahn, der sich von selbst regulirt, wenn im Kessel mehr oder weniger Wasser gebraucht wird. Es ist nämlich an seinem Schlüssel eine Stange angebracht, welche durch einen Vorstecker am Gewicht gehoben wird, wenn dieses Gewicht zu hoch hinaufgetrieben wird. Die Aequationspumpe ist zugleich ein Sicherheitsventil für den Generator, durch welches eine Ueberschreitung der normalen Spannung in Letzterem verhütet wird.

Uebrigens gelangt das Speisewasser aus diesem Apparate nicht unmittelbar in den Kessel, sondern es durchläuft zunächst den sogenannten Regenerator, einen Vorwärmer mit ungefähr 30 Quadratdecimeter Heizfläche pro Pferdestärke. Hier umspült es eine größere Menge von Röhren, durch welche der von der Dampfmaschine kommende Dampf hindurchströmt, und erwärmt sich so auf 140 bis 150° C. Erst dieses starkerwärmte Wasser tritt durch die Röhren B, B′ in den Verdampfer A.

Wir haben nun noch einen Apparat zu erwähnen, den Condensator, in welchem der aus den Röhren des Regenerators ausströmende und nicht mehr im überhitzten Zustande befindliche Dampf vollends condensirt wird. Es ist dies ein Oberflächencondensator mit ungefähr 0,3 Quadrm.

Röhrenoberfläche pro Pferdestärke, in welchen der Dampf durch eine größere Zahl von mit Wasser umgebenen Röhren ausströmt. Das Condensationswasser wird durch eine Pumpe wieder zu dem Abkühlungswasser gehoben, da letzteres ohne Schaden bis auf 60—65° erwärmt werden darf; jedoch ist noch ein Kaltwasserhahn vorhanden, durch welchen nach Bedarf kaltes Wasser hinzutreten kann. Dieser Hahn wird durch einen selbstthätigen Apparat gestellt, welcher auf der Ausdehnung der Flüssigkeiten durch die Wärme beruht und um so mehr kaltes Wasser zutreten läßt, je stärker die Erwärmung ist.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß 14 Kil. flüssiges Zinn beim Festwerden soviel Wärme hergeben, als erforderlich ist, um 1 Kil. in den elastisch flüssigen Zustand überzuführen. Im Verdampfer bildet sich bei 280° C. Temperatur überhitzter Dampf, welcher einen doppelt so großen Raum einnimmt, als gesättigter Dampf von der Pressung, mit welcher das Speisewasser eintritt (circa 5 Atmosphären). Dieser Dampf kühlt sich bei Verrichtung seiner Arbeit in der Dampfmaschine um circa 40° ab und wird im Regenerator bis auf 100° abgekühlt. Solcher Dampf braucht dann zur Condensation nur etwa $^1/_9$ bis $^1/_{13}$ von derjenigen Wassermenge, welche gewöhnlicher Dampf beansprucht. Die Menge des schmelzenden Zinns ist über ein gewisses Minimum hinaus ganz willkürlich, doch soll die Niveaulinie mindestens 2 Centimeter höher reichen, als die Nieten am Rande des Bodens E, so daß durchschnittlich etwa 35 Kil. Zinn pro Pferdestärke erfordert werden. — Durch dieses System der Dampferzeugung werden hauptsächlich folgende Vortheile erzielt: Es ist ein viel kleinerer Kessel und Feuerherd nöthig, als bei den gewöhnlichen Dampferzeugern. Jener wird etwa nur $^1/_6$, dieser $^1/_4$ soviel Raum beanspruchen, als bei gewöhnlichen Kesseln. Die Heizfläche ist etwa $^1/_{18}$ so groß, was zugleich eine große Sicherheit gegen Explosionen bietet. Die Verbrennung ist bei den neuen Kesseln eine ziemlich vollkommene, indem die chemische Analyse folgende Zusammensetzung der Gase nachgewiesen hat:

Stickstoff	0,7000
Kohlenoxydgas . . .	0,0600
Kohlensäure	0,2092
freier Kohlenstoff . .	0,0008
	1,0000

Von Speisewasser wird nur $^1/_3$ soviel, als bei den jetzigen Dampfmaschinen verbraucht. Der Dampfcylinder kann nie mit übergerissenem Wasser belästigt werden. Zur Ingangsetzung einer Maschine wird nur die Hälfte der Zeit erfordert, als bei gewöhnlichen Kesseln. Demgemäß

wird ein solcher Apparat immer weit weniger Raum beanspruchen und weit schneller in Gang zu setzen sein, als gewöhnliche Kessel; er gewährt aber auch noch bei guter Behandlung eine Brennmaterialersparniß von 30 Proc. und eine größere Sicherheit gegen Explosionen.

(Z. 6. 1862, S. 33; dar. Z. 3. 1862, S. 430.)

2) Die Idee zu einem Dampfkessel, bei welchem der Dampf ebenfalls durch die latente Wärme eines Metallbades gebildet werden soll, der sonst aber in mehreren Stücken von dem vorhin beschriebenen abweicht, ist von Herrn Ingenieur Rüdiger in Chemnitz angegeben worden. Mit Hülfe der Fig. 14, die einen verticalen, und der Fig. 15, die einen horizontalen Durchschnitt darstellt, wollen wir die Construction desselben im Nachfolgenden erörtern. Tafel I. Fig. 14 u. 15.

Der Kessel besteht aus zwei in einander geschobenen Cylindern von gutem Holzkohleisen. Der äußere dieser Cylinder A hat durchaus keinen Druck auszuhalten, kann daher ganz schwach gemacht werden; der innere b würde nach dem sächsischen Kesselregulativ bei einem inneren Durchmesser von 0,330 Meter und 21 Atmosphären Dampfspannung aus 15 Millim. starken Blechen hergestellt werden müssen.

Beide Cylinder sind oben an eine gemeinschaftliche, etwas stärkere (20 Millim.) Platte c von Schmiedeeisen genietet, welche, rund herum vorstehend, zur Lagerung des Kessels auf dem Mauerwerke dient. Das Speiserohr d reicht durch die Platte c bis beinahe auf den Boden des Dampfkessels und endigt hier in einem Ansatzstücke mit vielen kleinen Löchern, um das Einspritzwasser gleichmäßig wie einen feinen Regen auf dem Boden des Kessels zu vertheilen. Das Speiserohr ist auf seiner Länge von der Platte c bis an das eben erwähnte Ansatzstück von einem etwas weiteren Rohre umgeben, um es einigermaßen vor der intensiven Hitze im Dampfkessel zu schützen. Der Boden eines ganz schwachen Blechcylinders f von etwas kleinerem Durchmesser als der innere Kessel, ist an dem Ansatzstücke des Speiserohrs befestigt, so daß für den Durchgang des sich auf dem Boden des Kessels entwickelnden Dampfes nur der Querschnitt einer ganz schmalen Ringfläche bleibt, wodurch der Dampf gezwungen wird, bei seinem Aufsteigen die Wärme aufzunehmen, welche die cylindrische Seitenwand des Kessels darbietet. Oben bei g tritt der Dampf in ein wiederholt auf- und niedergebogenes schmiedeeisernes Rohr m, welches sich in dem Raume zwischen beiden Cylindern A und b befindet und bei h wiederum durch die Platte e tritt, um nach der Maschine zu gehen. Der Raum zwischen den Cylindern A und b ist mit einer Metalllegirung aus Zinn und Blei angefüllt, welche demnach sowol den Boden und die Seitenwand des Kessels b, als auch das auf-

und niedergebogene schmiedeeiserne Rohr umgiebt, um die von dem Feuerraume und den Heizkanälen abgetretene Wärme an den Dampf zu übertragen. Eine Legirung von 3 Theilen Zinn und 1 Theil Blei schmilzt bei 168° C. und hat eine specifische Wärme von etwa 0,072 (also sehr gering). Blei schmilzt bei 330° C. Man ist daher durch andere Mischungsverhältnisse von Zinn und Blei in den Stand gesetzt, den Schmelzpunkt innerhalb der Grenzen 168° bis auf 330° zu verlegen und somit die Temperatur des im Kessel und in dem schmiedeeisernen Rohre befindlichen Dampfes zu fixiren. Ein jedesmaliges Ablassen des flüssigen Metallgemisches dürfte bei Unterbrechung der Heizung nothwendig sein. Da der Kessel der Feuerung nicht direct ausgesetzt ist, so kann der Fall eines Dunkelrothglühens (430°) gar nicht eintreten; eine Explosion durch Zersetzung des Wasserdampfes und Bildung von Knallgas ist nicht möglich. Die Speisung geschieht von der Maschine bei jedem Doppelhube durch eine einfach wirkende Druckpumpe. Zur größeren Sicherheit, und um die Regulation des Speisewassers genau in der Hand zu haben, dürfte es zweckmäßig sein, zwei Pumpen anzuwenden, von denen die erste das heiße Speisewasser (90°) der zweiten zudrückt und letztere es erst dem Dampfkessel zuführt. Sicherheitsventile, Manometer ꝛc. sind selbstverständlich zum Kessel gehörig. (J. 19. 1862, Nr. 50 bis 52.)

3) Als Nachtrag der Beschreibungen von Dampfkesseln für die Herstellung von überhitztem Dampf wollen wir noch auf die hohe Wichtigkeit hindeuten, welche dieser Dampf für viele Fabrikationszwecke hat, wenn derselbe von beliebiger Temperatur und jedem beliebigen Feuchtigkeitsgrade hergestellt werden kann. Erwähnungswerth in dieser Beziehung sind z. B. viele Schmelzprocesse von harzigen Körpern, die Auflockerung mancher stark zusammengepreßten Körper, wie z. B. die ostindische Baumwolle, zur Heizung von Koch- und Destillir-Pfannen, zur Wiederbelebung von Knochenkohle u. s. w. In der Fabrik von Schüßler und Käuffer in Zwickau werden übrigens Dampfkessel für die erwähnten Zwecke bereits gebaut.

D. Reinigungsmittel für Dampfkessel.

Ehe wir zur Erwähnung einiger neuer Mittel gehen, die die Beseitigung des Kesselsteins zum Zweck haben, wollen wir vorerst auf eine von Herrn Professor Bolley in Zürich (J. 23. 1861, S. 121) in der Praxis gemachte Erfahrung hinweisen. Nach dieser kann die Anwendung von kohlensaurem Kesselwasser, wenn Fetttheile zu demselben gelangen, ohne geeignetes Präservativ, gefährlich für den Dampfkessel-

betrieb werden. Anstatt nämlich, daß diese Wasser, wie sonst, in dem Kessel eine schlammige Masse zurücklassen, bildet sich, bei Fettzusatz, ein staubig trockener Körper als Niederschlag, der unter Umständen ein Glühendwerden der betreffenden Kesselwände herbeiführen wird. Da bei Verwendung des Condensationswassers gewöhnlich Fetttheile in das Kesselwasser mit übergehen, so hat man deshalb bei der Speisung mit kohlensaurem Wasser auf die sonst nützliche Verwendung des Condensationswassers zu verzichten oder als Präservativ passende Mengen von Sodalösung anzuwenden.

Von sonst neueren Mitteln für die Kesselreinhaltung sind nun folgende zu erwähnen:

1) Zunächst haben wir hier neuerdings der Methode für das Reinigen der Kesselwasser Erwähnung zu thun, von der bereits Bd. II. S. 84 die Rede war, der Methode nämlich, das Speisewasser vor dem Einbringen in den Dampfkessel in besonderen Behältern durch chemische Mittel zu reinigen. Es versteht sich dabei von selbst, daß diese chemischen Mittel durch die Natur des Wassers bedingt sind und sich in den einzelnen Fällen ändern werden. — Neuerdings mit gutem Erfolge wurde diese Methode angewandt von dem Chemiker Brescius in Frankfurt a. M. Das daselbst befindliche Wasser enthielt in 1000 Theilen 0,28 kohlensauren Kalk, etwas kohlensaure Magnesia und 0,02 Gyps. Die Fällung der festen und schädlichen Bestandtheile wurde hier mit Kalkwasser bewerkstelligt, wobei der Erfolg ein sehr guter war. — Eine weitere Anwendung von dieser Methode wurde von Herrn Lelong-Burnet in Frankreich gemacht. Sein Speisewasser enthielt theils suspendirte Stoffe, theils Chlorsalze, erdige Sulfate und Carbonate. Die Sulfate von Kalkerde wurden durch caustischen Baryt, die Carbonate aus Kalkerde durch Baryt und caustischen Kalk zersetzt. Als Reinigungsapparat dienten demselben zwei große Behälter, in welch einem eine archimedische Schraube zur Bewegung des Wassers angeordnet war.

(J. 3. 1862, S. 833; dar. J. 2. 1862, Bd. 165, S. 124. — J. 2. 1862, Bd. 166, S. 252.)

2) Einen Apparat, der ebenfalls den Zweck hat, das Kesselwasser zu reinigen, bevor es in den Kessel gelangt und der auf denselben Principien, wie der von Schau (Bd. II, S. 156) und der von Henkel (Bd. I, S. 92) beruht, ist neuerlich von dem Fabrikbesitzer Wagner in Paris construirt und Berichten zufolge durch Maschinenbauer bereits in vielen Exemplaren ausgeführt worden. Im Allgemeinen ist der Wagner'sche Apparat vollkommener als die zwei eben erwähnten, aber auch complicirter. Er besteht nämlich zunächst aus einem Behälter,

in dem sich die im Wasser suspendirten Körper absetzen können; ferner aus einem mit vielen Platten versehenen Kasten, in dem der Dampf dem Wasser entgegenströmt und in dem die Absetzung der erdigen Körper stattfindet; endlich aus einem Filtrirapparat, in welchem die krystallisirten, noch nicht abgelagerten Salze zurückgehalten werden. Für die verschiedenen Maschinensysteme erhält dieser Apparat entsprechende Abänderungen und soll sich in allen Fällen auf's Beste bewährt haben.

(J. 27. 1862, S. 192; dar. J. 2. 1862, Bd. 164, S. 253.)

E. Practisches über Dampfkessel.

1) In Bezug auf die dauerhafte Herstellung von Dampfkesselarbeiten hat man neuerlich die Erfahrung gemacht, daß die Dampfkesselbleche durch das Einstoßen der Nietlöcher in Bezug ihrer Festigkeit sehr leiden. In einigen Fabriken hat man deshalb wieder damit begonnen, diese Löcher zu bohren, in andern statt der Verbindung des Nietens die des Schweißens anzuwenden. Um die letztere Operation auszuführen, werden zwei transportable Glühöfen angewendet, deren Flammen durch passend geformte Mundstücke auf die zu schweißenden Blechränder gerichtet werden. Sind die Bleche in dieser Weise genügend erhitzt, so erfolgt der Schweißproceß durch Maschinenhämmer, die dicht neben den Mundstücken angebracht sind. Auf diese Weise sollen ganze Dampfkessel ohne Niete hergestellt werden können. Bereits vor 5 Jahren sind, wie die Eisenbahnzeitung berichtet, zu Woolwich darauf bezügliche Versuche angestellt worden, welche nachgewiesen, daß die Festigkeit einer so hergestellten Schweißnaht $^5/_6$ von der eigenen Festigkeit des Bleches bis $^1/_2$ Zoll Dicke betrug; waren die Bleche dünner, von $^7/_{10}$—$^3/_8$ Zoll Stärke, so zeigten die Schweißnähte noch etwas größere Festigkeit als das Blech selbst. Ein 12 Fuß langer Träger von $^3/_8$ Zoll Eisenstärke wurde in $1^1/_3$ Stunden aus zwei Theilen in seiner Längenrichtung zusammengeschweißt. Auf der letzten Londoner Ausstellung befanden sich solche Träger von I- und T-förmigem Querschnitte. Man soll durch dieses Verfahren selbst eiserne Platten in Stärken von $^1/_{10}$ bis 6 Zoll schweißen können. In den Fabriken von Hackworth und von Sharp, Steward u. Comp. werden bereits die Längennäthe der Kesselbleche, und in der Fabrik von Burg ganze Feuerbüchsen für Locomotivkessel in dieser Weise zusammengeschweißt.

(J. 24. dar. J. 2. 1863, Bd. 168, S. 155.)

2) An Arbeitsmaschinen, welche für die Dampfkesselfabrikation in manchen Fällen von Wichtigkeit sein möchten und hier Beachtung verdienen, sind zu merken:

Maschine zur Herstellung von Stehbolzen und Niete von Crosy; J. 3. 1862, S. 730.

Maschinenscheere von Kaiser. J. 4. 1862, S. 585.

Dampfblechscheere von J. Yule u. Comp. J. 3. 1862, S. 1419.

Weitere Literatur über Dampfkessel: Einiges über Form und Größe der Feuerflächen bei Dampfkesseln (pyrotechnische Rundschau) von C. Schinz, J. 2. 1862, Bd. 166, S. 37. — Dampfkessel für überhitzte Dämpfe von Huyhes, J. 2. 1862, Bd. 165, S. 12. — Dampfkessel für überhitzte Dämpfe von Ridley. J. 3. 1862, S. 652. — Dampfkessel für überhitzte Dämpfe von Williams und Perkins. J. 2. 1862, Bd. 163, S. 241. — Modifikation der Clark'schen Methode die Härte des Wassers zu bestimmen. J. 2. 1862, Bd. 163, S. 370. — Taschenbuch für gewerbliche und Dampfkessel-Anlagen in Preußen. Eine Zusammenstellung aller in Preußen über die Errichtung gewerblicher Anlagen, sowie über die Anlage und den Betrieb von Dampfkesseln gültigen Gesetze und Verordnungen. Zum Gebrauch für Fabrikunternehmer, Bau- und Polizeibeamte. Von J. F. Dieß. 1862. 1/4 Thlr. — Regeln und Formeln zur Construction und Berechnung der Größenverhältnisse von Dampf-Generatoren abgeleitet aus den Experimenten und Beobachtungen in Mühlhausen und Wesserling. Von Dr. Th. Weiß. Mit 7 Tafeln. 1862. 3 Thlr.

Garniturtheile der Dampfkessel.

(Bd. II. S. 92—120 und S. 169.)

A. Pumpen und Speiseapparate.

Von den Apparaten, die zur Speisung der Kessel dienen, werden wir hier zu erwähnen haben: eine Verbesserung der Giffard'schen Dampfstrahlpumpe, welche die Anwendung derselben für große Saughöhen bezweckt; ferner einen selbstthätigen Speiseapparat nach französischer Construction; endlich die Construction von einigen Pumpen, welche Modificationen für den Zweck erhalten haben, um solche auch mit Sicherheit zur Fortbewegung von heißem Wasser anwenden zu können.

1) Die bereits erwähnte Verbesserung der Giffard'schen Speisepumpe rührt von G. C. Bousfield in England her, und ist durch den Umstand hervorgerufen, daß bei großer Saughöhe es sich ereignen kann, daß, nach Aussetzung der Thätigkeit der Pumpe, der Dampfstrahl nicht mehr im Stande ist, das Wasser bis zum Mundstücke zu heben und die Pumpe wieder in Thätigkeit zu bringen. Dieser Uebelstand ist durch Tafel II. Fig. 1.

Anbringung eines Ventils im Saugrohre beseitigt, auch ist die Pumpe mit einer Vorrichtung versehen worden, um das Saugrohr geeigneten Falls mit Leichtigkeit füllen zu können.

Fig. 1 auf Taf. II zeigt einen Verticalschnitt der verbesserten Dampfstrahlpumpe, wie solche in der betreffenden Quelle nebst Beschreibung mitgetheilt worden.

Das Saugrohr b der Dampfstrahlpumpe ist an seinem unteren Ende erweitert, und bildet hier eine Kammer für die nach oben sich öffnende, selbstthätige Klappe c, welche etwas unter dem Unterwasserspiegel liegt. Sobald die Thätigkeit der Dampfstrahlpumpe unterbrochen wird, schließt sich diese Klappe durch ihr eigenes Gewicht und verhindert das Zurückfließen des Wassers aus dem Saugrohr. Das Füllrohr e liegt über der Dampfstrahlpumpe und ist vermittelst eines Hahnes f verschließbar. Oben mündet dasselbe in ein Reservoir g ein, welches auf der anderen Seite durch ein Zweigrohr i mit dem Austrittsrohr j der Dampfstrahlpumpe verbunden ist. Sowohl das Zweigrohr i als das Austrittsrohr j sind mit Hähnen h und l versehen, so daß man, indem man die Hähne entsprechend stellt, vermittelst der Dampfstrahlpumpe nicht nur Wasser durch das Austrittsrohr nach dem Kessel führen, sondern auch das Reservoir anfüllen kann. k ist das vom Kessel kommende Dampfrohr, n das durchlöcherte Rohr, durch welches der Dampf nach dem Mundstück ausströmt, o das Luftrohr, s das Ventil, welches das Zurücktreten des Wassers aus dem Austrittsrohr nach der Dampfstrahlpumpe verhindert, p die Kurbel für die Einstellung des Dampfmundstücks und r die Stange zur Regulirung der arbeitenden Dampfmenge.

Will man den Apparat in Gang setzen, so wird, nachdem das Reservoir g mit Wasser gefüllt worden ist, der Hahn f im Füllrohr e geöffnet und das Saugrohr b mit Wasser angefüllt. Hierauf läßt man Dampf in die Dampfstrahlpumpe ein und schließt den Hahn im Füllrohr, worauf das Ansaugen beginnt. Das angesaugte Wasser wird durch das Austrittsrohr und den geöffneten Hahn l dem Kessel zugeführt, wobei natürlich der Hahn h im Zweigrohr i geschlossen sein muß. Will man die Dampfstrahlpumpe zum Füllen des Reservoirs g benutzen, so schließt man den Hahn l und öffnet dagegen den Hahn h.

(J. 41. 1862, S. 271; dar. J. 2. 1862, Bd. 165, S. 416.)

Tafel II. Fig. 2. 2) Der Ingenieur Gargan zu Paris construirte vor einiger Zeit eine selbstthätige Speisevorrichtung, die für jede beliebige Dampfspannung anwendbar und auf einem ähnlichen Principe basirt ist, wie das des Retourd'eaus. Die Schwankungen im Kessel bilden bei dieser inge-

nieusen Vorrichtung die regulirende Ursache der Speisung. Der in Rede stehende, Fig. 2 Taf. II gezeichnete Apparat besteht im Wesentlichen aus einer broncenen Büchse AA, die mit der äußeren Kesselwandung vermittelst der zweitheiligen Bügel B und B verschraubt ist.

Ein cylindrischer Schieber C, der von der Dampfmaschine aus eine geradlinig hin- und hergehende Bewegung erhält, wird von der erwähnten Büchse umschlossen und durch mehrere elastische Ringe DD gedichtet. Der Schieber ist hohl und tritt mit seinem Innern durch die drei Oeffnungen E, F und G mit den drei entsprechenden Canälen E', F' und G' der Büchse A, je nach seiner Stellung, in Communication, jedoch immer so, daß entweder die Oeffnung F mit dem Canal F' und dem Wasserzuführungsrohre f in Verbindung steht, während die beiden anderen Oeffnungen geschlossen sind, oder aber die Oeffnung E mit dem Canal E' und der zum Dampfkessel führenden, in der Höhe des normalen Wasserstandes mündenden Röhre e in Verbindung tritt. In letzterem Falle ist auch gleichzeitig die Communication der Oeffnung G mit dem Canal G' und der ebenfalls zum Dampfkessel führenden Röhre g, welche aber weit unter dem normalen Wasserstande mündet, hergestellt. Die Röhre f steht nun mit einem höher gelegenen Wasserreservoir in Verbindung, so daß sie fortwährend mit Wasser gefüllt bleibt, welches bei der entsprechenden Schieberstellung auch in die Höhlung des Schiebers gelangen kann.

Die Wirkung des Apparates geschieht nun in folgender Weise: Wir nehmen zunächst an, der Wasserspiegel im Kessel ist unter den normalen Stand desselben gesunken und der Apparat wie gewöhnlich mit Wasser gefüllt. Hat der Schieber nun die in der Figur angedeutete Stellung angenommen, so drückt der in der Röhre e und in dem Canal E' enthaltene Dampf oben auf das im Schieber befindliche Wasser, während gleichzeitig das Kesselwasser, welches sich in g und G' befindet, vermöge des Dampfdrucks unten ebenfalls auf das Speisewasser einen entsprechenden Druck ausübt. Es fällt demnach das Speisewasser durch sein eigenes Gewicht in den Kessel, und der Schieber füllt sich durch den Canal E mit Dampf. Bei der folgenden Stellung des Schiebers, wo F, F' und f communiciren, füllt sich der Apparat von neuem mit Wasser. Dieses Spiel wiederholt sich, bis der normale Wasserstand erreicht ist.

Nehmen wir nun weiter an, der Wasserspiegel des Kessels habe sich bis zu dem normalen Stande gehoben, und der Schieber befinde sich wieder in der in der Figur angegebenen Stellung, so ist klar, da der Canal E dann mit Wasser angefüllt sein muß, daß die ganze in E und C befindliche Wassermasse durch den Dampfdruck getragen wird und also

kein Tropfen Wasser in den Kessel gelangen kann. Die landwirthschaftliche Ausstellung zu Paris im Jahre 1860 zeigte einen derartigen Apparat, der sehr gute Resultate bei den damit angestellten Proben ergeben haben soll.

(J. 4. 1862, S. 91.)

Tafel II. Fig. 3—5. 3) Die übliche Anordnung der Schieberpumpen besteht bekanntlich darin, daß der Schieberkasten b, Fig. 3, etwas tiefer als das Wasserreservoir gelagert, aus dem durch den Canal a das Wasser in den Kasten tritt, während bei anderer Lage des Schiebers durch den Canal e das Wasser in den Pumpenstiefel tritt, dessen Kolben dasselbe nach dem Kessel drückt. Die Anordnung, welche bekanntlich den Zweck hat, mehr Sicherheit als die gewöhnlichen Druckpumpen mit Ventilen zu gewähren, hat den Uebelstand, daß namentlich bei unreinen Speisewässern die Schieberflächen wegen des auf den Schieber lastenden Drucks sehr leiden und nur schwer dicht zu halten sind. Dieser Uebelstand ist zum größten Theil gehoben und außerdem die Pumpe mit einer Einrichtung versehen, die den Wasserstand im Kessel constant hält, durch eine von Herrn Ingenieur Lindner in Wien construirte Pumpe, die wir im Nachfolgenden beschreiben wollen.

Fig. 4 stellt den Apparat im verticalen und Fig. 5 im horizontalen Durchschnitte dar. AA ist eine Wand des zu speisenden Kessels, an welche die Vorrichtung angeschraubt wird. B ist der Schieber, der von einem Schieberrahmen getragen wird und einen kurzen Hub (etwa 2 Zoll) hat. Der innere Raum desselben C ist für die Aufnahme des Speisewassers bestimmt. D ist die Schieberkammer, die nur so groß ist, um dem Schieber für die Bewegung freien Lauf zu lassen. Dieselbe communicirt durch die Oeffnung o ununterbrochen mit dem Dampfraume und es wird dadurch bezweckt, den Schieber in jeder Lage vom Dampfdrucke angedrückt zu erhalten. H und G sind Canäle, von denen der erstere oben mit dem Dampfraume und unten mit dem Wasserraume des Kessels in Verbindung steht. Der andere Canal G mündet oberhalb als Vorwärmer und unterhalb als Wasserrohr in den erhöhten Wasserbehälter W.

Die Vorrichtung ist am zweckmäßigsten am Kessel selbst in einer Höhe anzubringen, daß das Schiebermittel mit dem mittleren Wasserstande MN in ein Niveau zusammenfällt. Die lichte Höhe des Schiebers ist nahe gleich der Entfernung zwischen dem höchsten und tiefsten Wasserstande. Ist der Schieber mit der Oeffnung über dem Canal, welcher oben und unten mit dem Reservoir communicirt, so wird zum oberen engeren Rohre anfänglich Luft und beim fortgesetzten Spiele Kessel-

dampf in das kalte Wasser im Reservoir in Blasen aufsteigen (weshalb das Kupferrohr keine nach abwärts gehende Richtung nehmen darf). Zum unteren Rohre tritt das vorgewärmte Wasser in den inneren Raum des hohlen Schiebers ein und füllt denselben vollständig aus, welche Füllung nahezu der Wassermenge gleichkommt, die eine gewöhnliche Speisepumpe bei einem Kolbenspiele liefert. Der nun mit warmem Wasser gefüllte Schieber gelangt allmälig vor die Oeffnungen, welche in den Kessel führen. Der Druck ist von allen Seiten gleich und es fließt das Wasser durch die natürliche Geschwindigkeit in den Kessel und zwar ganz oder nur theilweise, je nachdem das Wasser im Kessel steht. So weit als der Schieber entleert ist, füllt er sich mit Kesseldampf, tritt wieder vor die Oeffnungen, die ins Reservoir führen, condensirt augenblicklich, füllt sich wieder und das Spiel beginnt von neuen.

Der Hauptvortheil des Ganzen dürfte darin liegen, daß sich der Wasserzufluß in den Kessel selbstthätig regulirt und daß nur mit vorgewärmtem Wasser gespeist wird. Je niedriger das Wasser steht, desto größer ist die auf einmal in den Kessel geschaffte Wassermenge, je höher dagegen, desto kleiner ist sie; endlich giebt es eine Grenze, über die hinaus gar kein Wasser in den Kessel gelangen kann, wo nur ein Austausch zwischen dem Kessel und Reservoir vorkommt. Nebstdem läßt sich der Zufluß durch angebrachte Hähne reguliren. Die Vorrichtung braucht, wenn deren Größe nur einigermaßen der Verdampfungsfähigkeit des Kessels entspricht, niemals abgestellt zu werden. Eine Ueberfüllung der Kessel ist ebensowenig möglich, als das Sinken des Wasserniveaus unter das Normale.

(Z. 24. 1862, S. 173; dar. J. 3. 1862, S. 1410.)

4) Dasselbe Bestreben verfolgend, eine Pumpe zu construiren, die neben den Vortheilen der Schieberpumpe ihre Uebelstände nicht besitzt, die also ein heißes und selbst verunreinigtes Wasser mit Sicherheit fördern kann, hat der Maschinendirector Hänel eine Pumpe construirt und mehrfach mit gutem Erfolge ausgeführt, deren Veränderung gegen gewöhnliche Pumpen einfach darin besteht, daß das Saugventil, als der allein unsichere wirksame Theil der bisherigen Druckpumpen, durch mechanische Kraft bewegbar gemacht ist. Tafel II. Fig. 6 u. 7.

Die Figg. 6 und 7 auf Taf. II stellen zwei verticale Durchschnitte einer solchen Pumpe mit ihren Haupttheilen vor, wie solche von einer Dampfpumpe entnommen, die in der angegebenen Quelle vollständig gezeichnet ist. E ist der Pumpenkolben, G das Druckventil und F das Saugventil; letzteres wird durch mechanische Kraft, die in den verschieden vorkommenden Fällen ja in mannigfacher Weise herbei-

geführt werden kann, bewegt. — Nach den von Herrn Hänel gemachten Erfahrungen hat sich diese Construction in allen Fällen auf's Vortrefflichste bewährt.

(J. 4. 1862, S. 445.)

B. Wasserstandsanzeiger.

1) Als Wasserstandsanzeiger, dessen Function durch einen Schwimmer bewerkstelliget wird, ist der von Dufour in Genf zu bemerken, der in folgender Art construirt ist: An der verticalen Kesselwand ist ein Metallstück befestiget, das eine horizontale Bohrung hat und äußerlich eine kreissegmentförmige Kapsel trägt. Die horizontale Bohrung enthält außerdem eine kleine Stopfbüchse; in diese ist eine cylindrische Stange bewegbar gemacht, deren in der Kapsel befindliches Ende einen Zeiger trägt, während der im Kessel befindliche Theil derselben einmal umgebogen und an seinem Ende einen Schwimmer trägt, der bei den Schwankungen des Wassers im Kessel den Zeiger bewegt. Der Apparat empfiehlt sich freilich durch Einfachheit, trägt aber auch die Mängel an sich, welche bei derartigen Apparaten durch Stopfbüchsen entstehen.

(J. 27. 1861, S. 204; dar. J. 2. 1862, Bd. 163, S. 404.)

Tafel II. Fig. 8. 2) Ein Wasserstandsglas, das von Herrn J. Brunhofer mit Rücksicht darauf construirt wurde, daß man einerseits den Wasserstand deutlich auf größere Entfernungen erkennen könne, andernseits bei einem etwaigen Bruch des Glases den ausströmenden Dampf und das ausspritzende Wasser abzusperren im Stande sei, ist in Fig. 8 im verticalen Durchschnitt gezeichnet und wie folgt zusammengesetzt:

A ist ein gußeiserner Cylinder, der durch die Stutze a und b mit dem Dampfkessel communicirt. Dadurch, daß nur Dampf in das Glasrohr B tritt, ist es möglich, dasselbe von unten durch eine Stopfbüchse treten zu lassen und es somit vor dem Bruch durch Schiefdrücken zu schützen. Das Glasrohr ist in der beigegebenen Figur oben zugeschmolzen, kann aber eben so gut durch eine Kapsel 2c. verschlossen werden. Für hochgespannte Dämpfe reicht die Reibung der Packung in der Stopfbüchse nicht aus, das Rohr B festzuhalten, und es ist deshalb erforderlich, um dasselbe herum einen Bügel m zu legen, welcher eine Schraube h enthält, mittelst der das Stück n auf den Kopf des Glasrohrs gepreßt werden kann. Zwischen dem Rohr und dem ausgebohrten Metallstücke n ist eine elastische Hülle p eingeschoben. Ist die Glasröhre unten mit einem Rande versehen und oben zugeschmolzen, so hält schon die Stopfbüchse das Glas fest, und Bügel u. s. w. fällt fort. c ist ein

Schwimmer, er trägt oberhalb einen Stahldraht, auf dessen Spitze das Ventil f mit der angelötheten Messinghülse c ruht. Der Durchmesser der Hülse ist um weniges kleiner als der innere Durchmesser des Glasrohres. Zur verticalen Führung der Stange d ist an derselben ein Ring e befestigt. k k sind verschließbare Oeffnungen zur Durchführung eines Drahtes, um nöthigenfalls die Röhren a und b reinigen zu können.

Die Wirkungsweise ist nun folgende: Sind die Rohrstutze a und b geöffnet, so tritt das Wasser durch b in den Cylinder A und das Niveau desselben stellt sich hier auf eine Höhe, die der des Wasserspiegels im Kessel entspricht. Durch den Eintritt des Wassers in A wird der Schwimmer gehoben und mit ihm das Ventil, resp. die Messingbüchse C, deren oberes Ende den Wasserstand bezeichnet. Ein Fallen oder Steigen des Spiegels macht sich, da der Druck im Apparate überall gleich groß ist, durch die Bewegungen der Büchse C bemerklich.

Die Reinigung der Canäle ist einfach. Tritt der Fall ein, daß auf irgend eine Weise das Glasrohr springt, so verringert sich in diesem der Druck und das Ventil f mit der Büchse C wird durch den Ueberdruck gehoben und gegen den Ventilsitz gepreßt. Das Gewicht des Ventils incl. Büchse muß natürlich kleiner sein als der Ueberdruck, weil sonst kein Heben des Ventils erfolgt.

(J. 25. 1862, S. 312; dar. J. 3. 1863, S. 364.)

C. Manometer.

Ueber Manometer, als die Apparate, mittelst denen man im Stande ist, den Druck dampf- oder luftförmiger Körper zu messen, haben wir nur einiges Wenige kurz im Folgenden zu berichten, da einerseits das vorliegende Material für die Praxis wenig Anwendung bieten möchte, andererseits Specialitäten derselben uns etwas fern liegen.

1) Um das Unreinwerden der Quecksilberkuppe bei Manometern zu vermeiden, wodurch die Genauigkeit derselben bekanntlich wesentlich beeinflußt wird, kann nach den Erfahrungen des Herrn Friedheim mit Vortheil Glycerin angewandt werden, von dem man einige Tropfen, als Decke für das Quecksilber, auf dasselbe gießt.

(J. 1. 1862, S. 27; dar. J. 2 1862, Bd. 166, S. 237.)

2) Ein Druckanzeiger eigenthümlicher Construction, welcher dem p. p. Newton in London für England patentirt wurde, und dem Princip nach wol erwähnenswerth, ist wie folgt combinirt: Unterhalb des Sicherheitsventils ist ein Dampfrohr angeordnet, das oben mit einem Spiral-Federmanometer verbunden ist, das gleichzeitig mit dem Hebel des Sicherheitsventils derartig in Verbindung steht, daß dasselbe

zum Theil entlastet wird, wenn die Spannung eine gewisse Größe überschreitet.

(J. 32. 1861, S. 336; dar. J. 2. 1862, Bd. 163, S. 171.

3) Zur Messung des Windes in Gebläsen sowie auch des Zuges in Schornsteinen hat der als Pyrotechniker bekannte Herr L. Schinz eine eigenthümliche Art Manometer construirt, die gegen die bisher zu diesem Zwecke angewandte Aneometer bedeutende Vortheile haben soll, sowol in Bezug auf Genauigkeit als bequemer Anwendung, aus welch' letzterem Grunde derselbe die Apparate auch für Dampfkesselfeuerungen empfiehlt.

(J. 2. 1862, Bd. 164, S. 241.)

4) Als eine Verbesserung des Indicators von Mac Naught haben wir die von Richards in Hartford zu erwähnen, welche die sichere Anwendung dieses Instruments für schnell gehende Dampfmaschinen zum Zweck hat. Um die Masse des Kolbens zu verringern und ein leichteres Spiel zu bewerkstelligen ist von dem Genannten der Mac Naught'sche Indicator mit einem Hebel versehen, welcher so mit der Kolbenstange und dem Zeichnenstift verbunden ist, daß dieser einen weiten und geraden Weg machen muß.

(J. 38. 1863, S. 10; dar. J. 2. 1863, Bd 168, S. 81.)

D. Sicherheitsventile.

Unter der Ueberschrift „Begrenzung der Dampfspannung durch Sicherheitsventile" ist in dem verflossenen Zeitraume in der angegebenen Quelle eine Abhandlung von Herrn R. R. Werner erschienen, die wir, ihrer Wichtigkeit wegen, in unverändertem Abdruck hier mittheilen.

Die Sicherheitsventile sind ohnstreitig die wichtigsten Sicherheitsvorrichtungen bei Dampfkesseln, insofern sie den Zweck haben, auch bei der stärksten, unter gewöhnlichen Umständen stattfindenden Dampfentwickelung die Ueberschreitung der Dampfspannung über ein gegebenes Maß zu verhindern. Dieses Maß ist in den meisten Ländern gesetzlich festgestellt, und von der Stärke der Wandungen der Dampfkessel oder, wie in Preußen durch eine Verordnung vom 31. August 1861, von einer vorherigen hydraulischen Druckprobe abhängig gemacht.

Die statthafte Ventilbelastung pflegt in der Weise berechnet zu werden, daß die Summe der Gewichte sämmtlicher belastender Theile, als Gewicht, Hebel, Stange und Ventil, auf die Mitte des letzteren reducirt, gleich dem auf den lichten Ventilquerschnitt wirkenden Dampfdruck gesetzt wird. Die dabei etwa gemachte Voraussetzung, daß beim Eintritt dieses Dampfdruckes das Ventil sich zu heben beginnt, trifft erfahrungsmäßig in vielen Fällen nicht zu; vielmehr beginnt häufig das

Abblasen des Dampfes schon bei einer geringeren Spannung, als der berechneten, seltener bei einer höheren, welches Letztere in ungehörigen Reibungswiderständen der Ventilführung oder in durch Verunreinigung zwischen den Sitzflächen herbeigeführter Adhäsion seinen Grund hat. Während es aus ökonomischen Gründen, auf die ich weiter unten zurückkommen werde, zweckmäßig ist, daß das Ventil erst bei dem berechneten Dampfdruck sich öffne, erfordert es die als Hauptzweck angenommene Sicherheit, daß das Abblasen selbst bei Steigerung der Dampfmenge bei nicht wesentlich höherer Spannung als der anfänglichen stattfinde.

Wie diesen beiden von den Erfordernissen, die an ein gutes Sicherheitsventil gestellt werden können, Genüge geleistet wird, will ich in Folgendem erörtern.

Zunächst angeregt hierzu wurde ich durch einen denselben Gegenstand betreffenden Artikel von Jos. Klotz, Professor für Mechanik und Maschinenbau am st. l. Joanneum in Gratz, in der Zeitschrift des östreichischen Ingenieur-Vereins, 1861, Heft VI, S. 119. Der Herr Verfasser hat sich meiner Meinung nach ein größeres Verdienst dadurch erworben, daß er eine theoretische Beleuchtung der Sache gewiß vielseitig in Anregung gebracht hat, als durch die gegebene Theorie selbst, die ich, ohne sie für richtig zu halten, in Folgendem vorausschicken will, da ich es zur Aufstellung eines Gegenstandes für ersprießlich erachte, verschiedene Ansichten einander gegenüber zu stellen.

Herr Professor Klotz sagt:

„Es ist jedem Sachverständigen bekannt, wie wenig die bisher bei Dampfkesseln allgemein in Anwendung stehenden Sicherheitsventile gegen eine zufällige Ueberspannung und daraus resultirende Explosion schützen.

Der Grund hiervon liegt, wie bekannt, in der sehr ungenügenden Lüftung der Ventilklappe, in Folge dessen der überschüssig erzeugte Dampf nicht in derselben Zeit vollständig entweichen kann, in welcher er sich entwickelt, daher die hieraus erfolgende Anhäufung des Dampfes im Kessel eine fortwährend steigende, immer gefährlicher werdende Spannung erzeugen müßte, wenn nicht rechtzeitig durch anderweitige Vorsichtsmaßregeln diesem Einhalt gethan und so einer Gefahr vorgebeugt würde.

Wenn auch in den über die Sicherheit gegen die Gefahr der Explosionen von Dampfkesseln bestehenden Regierungsvorschriften die Anordnung besteht, daß die Lüftung des Ventils (Ventilhub) ein Viertel des Durchmessers betragen müsse, so nützt dies doch nichts, weil die bisher vorgeschriebenen Sicherheitsventile, lediglich nur den Naturge-

setzen folgend, selbst bei der größten Ueberschreitung der Normalspannung, in Folge ihrer fehlerhaften Construction immer nur einen geringen, unmeßbar kleinen Ventilhub erreichen, so daß sie nicht im Entferntesten den Namen „Sicherheitsventile" verdienen.

Der Fehler, welcher solchen Ventilen anklebt und welcher in der Form oder vielmehr in der Anwendung der Ventilplatte zu suchen ist, die ungeachtet aller bisher bekannten Verbesserungen beinahe stets unverändert beibehalten wurde, indem man, ohne das richtige Princip gewürdigt zu haben, sich fast nur mit der Erfindung neuer Ventilzuhaltungen befaßte, besteht darin, daß der unter der mehr oder weniger scheibenförmig gestalteten Ventilplatte befindliche Dampf, sobald derselbe zur Ausströmung gelangt, seine sogenannte lebendige Kraft großentheils zur Bewegung der trägen Masse des ausströmenden Dampfes abgiebt, und sofort unmittelbar unter der Ventilplatte nicht mehr die im Kessel befindliche Spannung besitzt, daher ihm schon bei der geringsten Lüftung gerade nur noch diejenige Spannung bleibt, die nothwendig ist, um der zur Zuhaltung des Ventils angewendeten Belastung das Gleichgewicht zu halten. Daß dieser letztere Gleichgewichtszustand schon dann eintritt, wenn die Ventilplatte noch sehr unmerklich über dem den Verschluß bildenden Sitze erhoben ist, zeigt die Erfahrung.

Aus dieser jedenfalls richtigen Auffassung geht nun der folgende, für die Construction von Sicherheitsventilen sehr wichtige erste Grundsatz hervor, nämlich: derjenige Dampf, welcher der Ventilbelastung das Gleichgewicht halten soll, muß nothwendiger Weise von jenem, der zur Ausströmung gelangt, abgesondert sein.

Die einfachste Idee zur Realisirung des eben angeführten besteht darin, daß man die Ventilplatte concentrisch mit einem in den Kesselraum hinabreichenden röhrenförmigen Ansatze versieht. In dem, im erwähnten Ansatze enthaltenen Raume bleibt nämlich der Dampf, wenn das Ventil sich lüftet, ruhig stehen und behält sonach die im Kessel herrschende Spannung, mit welcher er dann der Ventilbelastung das Gleichgewicht zu halten vermag, während der den cylindrischen Ansatz rings umgebende Dampf zur ungehinderten Abströmung zwischen den Sitzflächen des Ventils gelangt.

So in die Augen fallend auch die Richtigkeit des eben angeführten erscheint, eben so leicht läßt sich übrigens nachweisen, daß mit dem besagten röhrenförmigen Ansatz allein der Zweck noch nicht erreicht ist. Weil aber eben in dieser Einrichtung der eigentliche Schlüssel zur

Lösung der ganzen Sache ruht, so soll hier auf eine nähere Betrachtung eingegangen werden.

Es sei in Figur 9 der Verticalschnitt eines derartigen Ventiles dargestellt, wobei A B den am Kessel befindlichen Ventilstock mit seiner Sitzfläche a b, dagegen c d die Ventilplatte mit dem daran befindlichen röhrenförmigen Ansatze m n in dem Zustande vorstellen, in welchem das Ventil sich während des Abblasens befinden würde. Taf. II. Fig. 9.

Sei in diesem Augenblicke die im Kessel herrschende Spannung*) P Pfd. pro Quadratzoll, so wird diese, wie im vorhergehenden erläutert, auf die dem röhrenförmigen Ansatze m n entsprechende Kreisfläche $\frac{1}{4}\pi d^2 P = G$ der Ventilbelastung das Gleichgewicht zu halten.

Weil aber die constante Ventilbelastung so groß sein muß, daß bei der normalen Dampfspannung von p Pfund pro Quadratzoll das Ventil geschlossen bleibe, und in diesem Zustande der Dampf auf die Kreisfläche $\frac{1}{4}\pi D^2$ einwirkt; so hat man $\frac{1}{4}\pi D^2 p = G$, und mithin folgt:

$$\frac{P}{p} = \left(\frac{D}{d}\right)^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

Wird in dieser Gleichung beiderseits die Einheit abgezogen, ferner $P - p = \varDelta p$ und $D - d = 2\varepsilon$ gesetzt, wodurch $D + d = 2(d + \varepsilon)$ wird, und ε die Breite der ringförmigen Ausströmungsöffnung bezeichnet, so erhält man nach gehöriger Substitution und Transformation:

$$\frac{\varDelta p}{p} = \frac{2\varepsilon}{d}\left(2 + \frac{2\varepsilon}{d}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

oder, wenn die gemachten Substitionen wieder beseitigt werden:

$$\frac{P - p}{p} = \frac{D - d}{d}\left(2 + \frac{D - d}{d}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

je nachdem man die Bezeichnung in der einen oder anderen dieser Gleichungen für die folgenden Betrachtungen bequemer finden will.

Faßt man nun die drei letzten Gleichungen und die in denselben enthaltenen Größen scharf ins Auge, so lassen sich nachstehende Folgerungen ableiten, welche vollkommen geeignet sind, nicht nur über die Natur der Sicherheitsventile überhaupt, sondern auch über die Art ihrer Einrichtung, nämlich wie diese zur Erreichung des Zweckes beschaffen sein sollen, einen vollkommen klaren und befriedigenden Aufschluß zu geben.

Folgerung 1. Vor allem zeigt die Gl. (1), das Ventile der ge-

*) Soll wol heißen: der im Kessel herrschende Ueberdruck.

wöhnlichen Art, welche nämlich nur aus der bisher üblichen kreisförmigen Platte ohne röhrenförmigen Ansatz bestehen, absolut schlecht sind. Läßt man nämlich bei dem in Figur 9 angedeuteten Ventile den röhrenförmigen Ansatz durch stetes Kleinerwerden des Durchmessers d nach und nach verschwinden, so hat man für d = Null wirklich ein Ventil gewöhnlicher Art und hierfür giebt Gl. (1), wenn darin d = 0 substituirt wird:

$$\frac{P}{p} = \left(\frac{D}{0}\right)^2 = \infty$$

Hiermit ist also erwiesen, daß während des Abblasens der Ventile gewöhnlicher Art die Dampfspannung über den Normaldruck bis ins Unendliche, also jedenfalls bis zum Zersprengen des Kessels gesteigert werden kann. Daß unter solchen Umständen Explosionen stattfinden müssen, ist einleuchtend, und es ist also auch ganz unnöthig, anderweitig geheimnißvolle Ursachen von Kesselexplosionen zu erfinden.

Folgerung 2. Bei Ventilen mit röhrenförmigem Ansatze, wie in Fig. 9 angedeutet, muß die Größe der ringförmigen Ausströmungsöffnung zwischen der Ventilbohrung und der Röhre jedenfalls der Dampfentwickelung des Kessels entsprechend angeordnet werden, weshalb in Gl. (2) die Dimension ε, nämlich die Ringbreite, und die normale Dampfspannung p als gegeben zu betrachten sind.

In Berücksichtigung dessen ersieht man nun aus Gl. (2), daß die während des Abblasens der Ventile möglicherweise entstehende Ueberspannung Δp des Dampfes im Kessel lediglich nur von der Größe des Durchmessers d, also von der Anordnung des mehr erwähnten röhrenförmigen Ansatzes abhängt.

Zugleich ersieht man aber auch, daß bei solchen Ventilen mit der Vergrößerung von d, also nur mit der nothwendig damit verbundenen Vergrößerung des Ventils, die Ueberspannung des Dampfes annähernd verhindert, und hiermit die Gefahr gegen ein Zersprengen des Kessels zwar vermindert, aber doch nicht ganz beseitigt werden kann, weil, wie aus Gl. (2) erhellt, erst für $d = \infty$ die Ueberspannung $\Delta p = 0$ wird.

Folgerung 3. Aus dem bisherigen geht unwillkürlich die Anregung hervor, ein Mittel zu ersinnen, wodurch $\Delta p = 0$ gemacht werden könne, ohne $d = \infty$ machen zu müssen. Den Weg hierzu zeigt Gl. (3), denn hieraus erkennt man auf den ersten Blick, daß für $D - d = 0$ auch $P - p = 0$ werden muß, und zwar ohne Unterschied, wie groß auch immer d sein möge.

Eine richtige Auffassung der oben entwickelten Bedingung, daß nämlich $D - d = 0$ oder $D = d$ sein müsse, führt nun zunächst zur Er-

kenntniß des folgenden, für die Construction der Sicherheitsventile sehr wichtigen zweiten Grundsatzes, nämlich: Derjenige Dampf, welcher der Ventilbelastung das Gleichgewicht halten soll, muß nothwendigerweise stets auf die ganze Ventilfläche einwirken können, ohne Unterschied, ob das Ventil sich im offenen oder geschlossenen Zustande befindet.

Es wird sich nun weiter um die praktische Ausführung handeln, durch welche die hier ausgesprochenen beiden Principien zur Geltung gebracht werden können. Die einfachste Idee zur gleichzeitigen Realisirung der beiden Grundsätze, welche gleich wichtig für die Construction eines vollkommen guten Sicherheitsventils, unbedingt erfüllt werden müssen, besteht darin, daß man die Ventilbohrung mit einem kapselförmig gestalteten, hinreichend hohen cylindrisch ausgedrehten Deckel bedecke, in dessen nach unten gekrehte Höhlung man ein im Ventilstocke concentrisch befestigtes Rohr, das entsprechend hoch über dem Ventilsitze sich trichterförmig erweitert, einmünden und mit seinem oberen Rande an der Innenfläche der cylindrischen Deckelhöhlung ringsum möglichst nahe anschließen läßt.

Mit dem im Ventilstocke concentrisch befestigtem Rohre, welches nämlich den Dampf aus dem Kessel zum Ventildeckel ohne Verlust seiner Spannung leitet, ist dem ersten Grundsatz entsprochen, weil in Folge dessen nur der, das erwähnte Rohr außen umgebende, Dampf zum Austritte zwischen die Sitzflächen des Ventils gelangen kann. Mit dem in der Deckelhöhlung erzielten möglichst nahen Anschlusse des oberen Randes vom erwähnten trichterförmig erweiterten Rohre ist dem zweiten Grundsatze entsprochen: denn in Folge dieser Anordnung findet nun der Dampf selbst im gelüfteten Zustande des Ventils, zwischen dem Rohre und dem Ventildeckel eingeschlossen, seine Angriffsfläche in der dem oberen Rande des Trichters entsprechenden Kreisfläche, welche ohne Anstand der Ventilfläche gleichgemacht werden kann.

Die im bisherigen dargelegte Anschauung war es, welche den Verfasser im Jahre 1856 zur Verbesserung der Sicherheitsventile leitete, und wofür derselbe am 5. Jan. 1857 ein ausschließendes Privilegium für die östreich. Monarchie erwarb.

Da nun diese nach den erläuterten Grundsätzen zur Ausführung gebrachten Ventile seither sich durch mehrfache Anwendung praktisch bewährt haben, so dürfte es an der Zeit sein, die Einrichtung derselben, so wie ihre Wirkungsweise zur allgemeinen Kenntniß zu bringen: weshalb mit Hilfe der Zeichnung auf Tab. II im Nachstehenden die nöthige Erläuterung folgt.

Taf. II. Fig. 10. In Fig. 10 ist ein derartiges Ventil für stabile Kessel, und zwar mittelst eines Verticalschnitts versinnlicht. Ein auf dem Kesselblech A B befestigtes, gußeisernes Flantschenrohr C D E F von 15 bis 18 Zoll Höhe und einer der Ventilgröße entsprechenden Weite ist zur Aufnahme des Ventilstocks a b c d wie gewöhnlich vorhanden. Auf der oberen Flantsche E F ist die gewöhnliche Hebelzuhaltung angebracht, bestehend in dem Hebel G H, welcher bei G an der festen Stütze E G seinen Drehpunkt hat, am entgegengesetzten Ende das Gewicht trägt und auf dem bei H eingehängten Körner H k ruht, wodurch der Druck mittelst der Körnerspitze k auf den conisch vertieften Boden (zur Verhinderung des einseitigen Abblasens) des Ventildeckels a b e f übertragen, und dieser gegen den von innen wirksamen Dampfdruck auf der Sitzfläche a b niedergehalten wird. Außerdem befindet sich auf der oberen Flantsche noch eine zur Führung des Hebels befestigte Gabel F M, welche oben bei M einen Bolzen trägt, an den der Hebel anschlägt, sobald in Folge einer zu starken Einwirkung des Dampfes der Ventildeckel höher gehoben wird, als nothwendig ist.

Die innere Einrichtung des Ventils besteht nun in Folgenden: Im Ventilstock a b c d befindet sich ein aus einem Stück (von Messing oder Rothguß) gegossenes, durch drei Rippen concentrisch gehaltenes, entsprechend weites Rohr, welches über den Ventilsitz emporragend, nach oben sich so erweitert, daß sein oberer Rand 11 an der genau ausgedrehten cylindrischen Innenfläche des Ventildeckels möglichst genau, jedoch ohne eine Reibung zu verursachen, anschließt. Letzteres gilt auch von den genannten, bis zum Trichterende des erwähnten Rohrs hinauf verlängerten drei Rippen, welche dem Ventildeckel bei der zeitweise eintretenden Lüftung die nöthige Führung geben. Um ferner durch das erwähnte concentrische Rohr den Dampf mit seiner ganzen im Kessel ihm eigenthümlichen Spannung unter den Ventildeckel leiten zu können, selbst dann noch, wenn der beim Abblasen des Ventils im Flantschenrohr C D E F nachströmende Dampf eine geringere Spannung annimmt, dient ein eingelegtes Rohr m n von Kupferblech, welches bis in den Dampfraum des Kessels hinabreicht.

Es erhellt nun von selbst, daß, sobald die normale, durch die an den Hebel angehängte Belastung regulirte Spannung im Kessel überschritten wird, der zwischen der Bodenfläche des Ventildeckels und dem Trichterrohre eingeschossenen Dampf den Ventildeckel hebt und so die Lüftung des Ventils unabhängig von jenem Dampfe bewirkt, welcher außerhalb des concentrischen Rohrs zur ungehinderten Ausströmung gelangt, und daß endlich das Ventil durch die Einwirkung der Hebel-

belastung sich wieder von selbst vollkommen schließt, sobald die Spannung des Dampfes im Kessel unter die normale Spannung herabgesunken sein wird.“ Soweit der Herr Professor Klotz.

Derselbe geht von der Behauptung aus, daß der im Kessel herrschende Dampfdruck nur dadurch auf Heben des Ventils wirkt, daß er auf die Grundfläche des röhrenförmigen Ansatzes drückt, während auf die übrigbleibende ringförmige Fläche der Dampf gar nicht mehr drückt. Es soll dies schon bei der geringsten Ventilerhebung und natürlich auch dann noch stattfinden, wenn $d = 0$, wenn die Ventilklappe, wie gewöhnlich, ganz flach ist.

Zunächst wiederspricht es aller Erfahrung, daß, wie hieraus gefolgert wird, der Dampfdruck bei einem solchen Ventil bis ins Unendliche wachsen müsse, bis es sich so weit hebt, daß der überflüssig erzeugte Dampf hinreichende Oeffnung findet. Wenn dem so wäre, so wären fast alle Sicherheitsventile nicht nur „absolut schlecht“, sondern als solche absolut unmöglich.

Allerdings wächst bei den meisten Ventilen der Dampfdruck, je mehr dieselben bei zunehmender Dampfmenge sich öffnen müssen. Dies liegt aber gar nicht in dem von Herrn Prof. Klotz als richtig hingestellten Prinzip, sondern, wie ich nachweisen werde, im Wesentlichen in der kegelförmigen Gestalt der Ventilsitzflächen. Je spitzer der Kegel ist, um so mehr wächst die Spannung mit dem Hub. Daß der Ueberdruck auf einen flachen gehobenen Ventilkegel im Allgemeinen nicht Null ist, läßt sich leicht erkennen, wenn man der möglichen Gestalt des Dampfstromes entsprechend, wie auch in Fig. 11 durch die punctirte Linie angedeutet ist, die Ventilklappe geformt, oder anstatt der kegelartigen Erhöhung dieser, einen ruhenden Dampfkörper sich denkt. Welchen Druck der strömende Dampf auf irgend eine Stelle des leitenden Kegels ausübt, hängt bekanntlich mit von der Geschwindigkeit ab, die er an der betreffenden Stelle hat. Ist diese Geschwindigkeit nahe gleich Null, so ist auch jener Druck nahe gleich dem, den der ruhende Dampf im Kessel hat. Mit wachsender Geschwindigkeit des Stromes nimmt der Druck auf die ihn begrenzenden Wandungen ab und wird gleich dem der Atmosphäre, wenn die Geschwindigkeit gleich der ist, bei welcher ein freies Ausströmen des Dampfes in die Atmosphäre stattfindet, wie z. B. an der Stelle A Fig. 11. Taf. II. Fig. 11.

Außer diesem hydraulischen Druck übt der Dampfstrom noch einen zweiten auf den Ventilkegel aus, und zwar den sogenannten Bahndruck, das ist der Druck, der durch Ablenkung aus seiner anfänglichen Richtung erzeugt wird. Dieser Bahndruck wächst mit der Masse und

Geschwindigkeit des abzulenkenden Dampfes und mit dem Ablenkungswinkel. Es hängt besonders von der Größe des letzteren ab, ob bei einem gegebenen Ventilhub die Summe des hydrostatischen und des Bahndruckes kleiner, gleich oder größer als der Druck auf das geschlossene Ventil ist.

Anstatt der schwierigen Ermittelung jener beiden Summanden habe ich einen anderen Weg eingeschlagen, um die Dampfspannung zu bestimmen, welche einer gegebenen Erhebung des Ventils entspricht. Dabei werde ich die in Rechnung kommenden Druckkräfte zunächst für einen Fall bestimmen, in welchem sie in ähnlicher, aber der Anschauung leichter zugänglicher Weise auftreten.

Taf. II. Fig. 12. In Fig. 12 sei ein mit Dampf von der Spannung p Pfd. per Qdrzll. gefülltes parallelepipedisches Gefäß dargestellt, welches auf einer horizontalen Bahn A B leicht beweglich ist. Bei C sei eine Oeffnung angebracht und mit einem parallel mit der Bahn gerichteten Ansatz versehen, dessen Querschnitt an der engsten Stelle a Qdrtzll. ist.

Wäre das Gefäß auch an dieser Stelle geschlossen, so würde irgend ein Streben auf Bewegung desselben nicht vorhanden sein, indem sich die auf die Wandungen wirkenden Pressungen das Gleichgewicht halten, und namentlich dem Druck pa auf den Querschnitt a ein eben so großer, auf die gegenüberliegende Wandung ausgeübter, Druck entgegenwirkt. Dieser letztere wirkt aber immer noch, wenn durch die Oeffnung der Dampf in die Atmosphäre ausströmt, während an der Stelle a der Dampf nur noch die Spannung der Atmosphäre, die ich mit p_0 bezeichnen will, hat, so mit einem Druck von $p_0 a$ Pfd. ausübt.

Das Gleichgewicht findet also nicht mehr statt, sondern es wirkt ein Ueberdruck $= p\,a - p_0\,a$ auf die der Oeffnung gegenüberliegende Wandung und auf ein Verschieben des Gefäßes in der der Dampfausströmung entgegengesetzten Richtung, welche Bewegung hinwiederum nur durch einen von außen gegen das Gefäß wirkenden Widerstand $= p\,a - p_0\,a$ verhindert werden kann.

Bildet dagegen der Ansatz einen Winkel mit der Bahn, der den Winkel α zu einem Rechten ergänzt, so ist der in der Richtung des Dampfstrahls rückwirkende Druck zwar immer noch $= (p - p_0)\,a$; aber wenn man denselben in einen Druck zerlegt, der normal auf die Bahn, und in einen, der in der Richtung derselben wirkt, so ergiebt sich der erstere $= (p - p_0)\,a \cos\alpha$ und der letztere auf Bewegung des Gefäßes wirkende $= (p - p_0)\,a \sin\alpha$.

Die Projection der Mündung a auf eine zur Bahn normale Ebene ist aber a sin a, und die rücktreibende Kraft dieses schiefwinklig wirken-

den Strahles ist also dieselbe, wie die eines rechtwinkeligen von dem Querschnitt a sin α.

Zur Anwendung der gewonnenen Resultate auf das vorgesteckte Ziel übergehend, werde angenommen, daß beim Schluß des in Fig. 11 skizzirten Sicherheitsventils die Klappe K auf dem Sitz S mit der Ringfläche A B aufschließe.

Es sei ferner d der innere Durchmesser der Sitzfläche (Schlußfläche), welcher Eingangs mit lichter Weite des Ventils bezeichnet wurde; der äußere Durchmesser der Sitzfläche werde $= d + 2e$ angenommen. Während unter p die Dampfspannung zu verstehen ist, bei welcher sich das Ventil zu öffnen beginnt, sei p_1 diejenige, bei welcher es sich um h gehoben hat. Der Neigungswinkel der Sitzfläche sei α. Die Ausströmungsöffnung ist hier eine ringförmige; denkt man sich dieselbe durch Radialebenen in beliebig viele Theile zerlegt, so bildet jeder derselben einen dem in Fig. 12 mit D bezeichneten ganz ähnlichen Ansatz.

Die zur Axe des Ventils normalen rückwirkenden Kräfte der entsprechenden Dampfstrahlen heben sich gegenseitig auf, während die parallel zur Axe zerlegten eine Kräftesumme bilden, welche den Dampfkessel in der Axrichtung des Ventils zurückzutreiben strebt, ein Streben, das sich durch vermehrten Druck auf dessen Unterlage äußert. Diese Druckzunahme oder diese rückwirkende Kraft ist eine Folge der Dampfausströmung und gleich einer gleichzeitig eintretenden Druckdifferenz auf die inneren Wandungen des Kessels.

Diese Druckdifferenz findet man aber vermittelst Anwendung des Beispiels mit der Mündung D, wenn man den Inhalt der Projection der Ausströmungsöffnung, wo sie am engsten ist — das ist bei A —, mit der Differenz der im Kessel und der bei A stattfindenden Dampfspannung multiplicirt. Die letztere ist aber gleich dem mit p_0 früher bezeichneten Atmosphärendruck, daher die Spannungsdifferenz $= p_1 - p_0$.

Da der Hub des Ventils $A D = h$ gegeben ist, so ist die Breite der ringförmigen Ausströmungsöffnung $A C = h \cos \alpha$, und die Breite der zu suchenden Projection

$$C E = A C \sin \alpha \text{ oder}$$

$$C E = h \sin \alpha \cos \alpha,$$

$$C E = \frac{h \sin 2 a}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

und die Projection selbst, die der Einfachheit wegen mit f bezeichnet werden möge:

$$f = \frac{\pi h \sin 2\alpha}{2}\left(d + \frac{h \sin 2\alpha}{2}\right) \quad \ldots \ldots \quad (2)$$

oder eigentlich die genannte Druckdifferenz $= f\,(p_1 - p_0)$.

Es wirkt also auf den dem lichten Ventilquerschnitt entsprechenden Theil der Klappe nicht der Druck $\frac{\pi d^2}{4} p_1$, sondern der Druck

$$P = \frac{\pi d^2}{4} p_1 - f\,(p_1 - p_0) \quad \ldots \ldots \quad (3);$$

sofern dieser Ausdruck mit P bezeichnet wird.

Außerdem wirkt noch Dampfdruck auf die Schlußfläche A B, und auf die äußere Oberfläche die Atmosphäre als Gegendruck in demselben Sinn, wie die Ventilbelastung, die mit G in Pfunden ausgedrückt werden möge.

Wenn zunächst die Spannung zwischen den Schlußflächen nicht überall gleich, vielmehr von A bis B abnehmend ist, so kann dies im vorliegenden Fall ohne merklichen Fehler unbeachtet gelassen und die Spannung durchweg gleich der atmosphärischen gesetzt werden.

Jener Spannungsänderung einen absolut richtigen analytischen Ausdruck zu geben, würde zudem mit ganz besonderen Schwierigkeiten verbunden sein, da man es hier nicht mit einem permanent gasartigen Luftstrom von überall gleicher Temperatur zu thun hat.

Der Dampfdruck auf die Ringfläche, deren Projection die Breite e hat, kommt nur in dem Maße in Betracht, als wenn er auf die Projection selbst wirkte, und kann demnach, da der Inhalt derselben $= \pi\,(d + e)\,e$ ist, ausgedrückt werden durch

$$Q = \pi\,(d + e)\,e\,p_0 \quad \ldots \ldots \quad (4).$$

Da der auf dem Ventil lastende Atmosphärendruck

$$A = \frac{\pi\,(d + 2\,e)^2\,p_0}{4} \quad \ldots \ldots \quad (5)$$

ist, und das Belastungsgewicht $= G$ angenommen war, so muß des Gleichgewichts wegen:

$$P + Q = A + G \quad \ldots \ldots \quad (6)$$

sein.

Ist das Belastungsgewicht gegeben, so wird der Eingangs gedachten amtlichen Rechnungsweise zufolge angenommen, daß die innere Kante der Schlußfläche vollkommen dicht schließt, und daß die Spannung zwischen den Schlußflächen die atmosphärische ist. Demnach würde die anfängliche Spannung p — d. h. diejenige, bei welcher das Oeffnen des Ventils beginnt — sich dadurch ergeben, daß man

$$\frac{\pi d^2}{4}\,(p - p_0) = G \quad \ldots \ldots \quad (7)$$

setzt. Substituirt man die aus (3), (4), (5) und (7) sich ergebenden Werthe in die Gl. (6) so hat man

$$\frac{\pi d^2}{4} p_1 - f(p_1 - p_0) + \pi (d + e) e p_0 = \frac{\pi (d + 2e)^2}{4} p_0 + \frac{\pi d^2}{4} (p - p_0) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

und nach Einsetzung des Werthes für f aus (2) und gehöriger Reduction:

$$p_1 = \frac{d^2 p - h \sin 2\alpha (2d + h \sin 2\alpha) p_0}{d^2 - h \sin 2\alpha (2d + h \sin 2\alpha)} \quad . \quad . \quad . \quad (8a)$$

Zwar ist die Frage, trotz ihrer Wichtigkeit, eine noch im Allgemeinen nicht gelöste: welcher hydrostatische Druck zwischen zwei sich berührenden Flächen herrscht, seien sie auf einander ruhend oder gleitend, wie im letzteren Falle z. B. bei Dampfschiebern; jedoch kann angenommen werden, daß, wenn der Schluß des Ventils unter dem Druck der Atmosphäre stattgefunden hat, dieser Druck auch noch zwischen den geschlossenen Flächen stattfindet, und somit die Gl. (8a) auch für $h = 0$ gültig ist. Das giebt: $p_1 = p$ für den Beginn des Hubes. Der größte erforderliche und zuläßige Hub des Ventils ist der, bei welchem die Ausströmungsöffnung gleich dem lichten Ventilquerschnitt geworden ist.

Jene Oeffnung ist aber gleich deren Projection, getheilt durch den Sinus des Neigungswinkels, also $= \frac{f}{\sin a}$ oder wegen (2)

$$= \frac{\pi h \sin 2\alpha}{2 \sin \alpha}\left(d + \frac{h \sin 2\alpha}{2}\right);$$

der Ventilquerschnitt ist $\frac{\pi d^2}{4}$, also wegen der Gleichheit der beiden Ausdrücke

$$h \sin 2\alpha (2d + h \sin 2\alpha) = \sin \alpha \, d^2.$$

Wird die rechte Seite dieser Gleichung statt der linken in (8a) eingesetzt und mit d^2 gehoben, so hat man für das ganz geöffnete Ventil:

$$p_1 = \frac{p - \sin \alpha \, p_0}{1 - \sin a} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9).$$

Findet nur $\frac{1}{n}$ dieses größten Ventilhubes statt, oder, was dasselbe ist, ist die Oeffnung nur gleich $\frac{\pi d^2}{4n}$, dann geht p_1 über in:

$$p_1 = \frac{n p - \sin \alpha \, p_0}{n - \sin \alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10).$$

Ist z. B. die anfängliche Spannung des Dampfes 4 Atm. Ueberdruck, also 70 Pfd. per Qdrzll. Totaldruck, demnach $p = 70$, ferner

ist $p_0 = 14$, und es möge der Winkel, wie in Oesterreich vorschriftlich $a = 45^0$, demnach

$\sin \alpha = \sqrt{1/2}$ sein. Bei $1/_{10}$ Oeffnung oder für $n = 10$ ist dann die Dampföffnung nach (10)

$$p_1 = \frac{10.\ 70 - \sqrt{1/2}\ 14}{10 - \sqrt{1/2}} \text{ oder}$$

$p_1 = 75$ Pfund.

Der volle Hub würde erst erreicht werden bei

$$p_1 = \frac{70 - \sqrt{1/2}\ 14}{1 - \sqrt{1/2}} = 205.$$

Die Gleichung (10) lehrt, daß die Unterschiede der Dampfspannungen bei geschlossenem und gehobenem Ventil um so kleiner sind, je kleiner der Winkel α ist, und daß die Spannung für $\alpha = 0$, das heißt für ein flaches Ventil, constant sein würde. Letzteres ist in der Wirklichkeit nur annähernd richtig, da der Dampfstrahl bei starker Oeffnung der flachen Schlußflächen doch eine etwas geneigte Richtung annimmt.

Es verdient jedenfalls der Einfluß des Neigungswinkels besonders hervorgehoben zu werden, was meines Wissens bisher von Andern noch nicht geschehen ist. So findet z. B. die Gl. (10) Anwendung auf den Fall, daß die Neigung der Sitzflächen eine der Hubbewegung des Ventils entgegengesetzte ist, für welchen Fall der Winkel α einen negativen Werth annimmt.

Es ergiebt sich alsdann, daß eine geringere Spannung das gehobene Ventil im Gleichgewicht halten würde, als das geschlossene. Es würde demnach vom Augenblick seines Oeffnens an nicht wie im vorigen Fall in stabilem, sondern in labilem Gleichgewicht sein, sich so fort bis zum vollen Hub öffnen und sich nicht eher wieder, aber auch dann plötzlich schließen, als wenn die Dampfspannung

$$p_1 = \frac{p - \sin \alpha\ p_0}{1 - \sin a}$$

geworden ist.

Ein solches Sicherheitsventil ist natürlich ganz verwerflich, ja selbst dann wird die Bewegung desselben noch eine ruckweise sein — der Reibung an den Drehpunkten des Belastungshebels und an den Führungen wegen — wenn die Spannung für jede Hubhöhe constant ist, wogegen ein stetiges Oeffnen und Schließen nur erreicht wird, wenn die Spannung mit dem Hube wächst. Eine geringe, den Zweck des

Sicherheitsventils durchaus nicht beeinträchtigende Zunahme ist zu dem Ende ausreichend. Man erreicht dies, wie aus Gl. (10) hervorgeht, bei einer schwach geneigten, fast flachen Sitzfläche.

Erfahrungsmäßig fangen die Sicherheitsventile meistens eher an abzublasen, ehe die aus Gl. (7) hervorgehende Spannung p erreicht ist. Die hier gemachte Voraussetzung, daß die innere Kante der Schlußfläche absolut dicht abschließe, findet aber in der Regel nicht statt, vielmehr ist der Schluß ein nicht durchweg so dichter, daß der gespannte Dampf nicht Gelegenheit hätte, sich zwischen die Schlußflächen zu setzen und auf einem mehr oder minderen Theil derselben den vollen Druck auszuüben. Wo die Grenzlinie des gespannten Dampfes liegt, läßt sich im Allgemeinen nicht bestimmen, da dies von dem Zustand eines jeden einzelnen Ventils abhängt, jedoch führt die Erfahrung auf die annähernd richtige Annahme, daß der Dampf durch den mittleren Umfang der Dichtungsfläche abgeschlossen wird.

Bezeichnet man für diesen Fall die anfängliche Spannung mit p_2, so würde dieses für p und (d + e) für d in Gl. (7) zu substituiren und man hat

$$p_2 - p_0 = \frac{4\,G}{\pi\,(d+e)^2} \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

Bei dieser Spannung bläst der Dampf ab, so, als ob das Ventil nur undicht wäre, und öffnet es auch nicht weiter, bis die Spannung bis zu der Größe wächst, welche die Gl. (10) ergiebt.

Wäre nun z. B. die gesetzlich zulässige Spannung p und aus dieser vermittelst der Formel (7)

$$G = \frac{\pi\,d^2}{4}\,(p - p_0)$$

bestimmt, so würde sie durch Einsetzung dieses Werthes in (11) dieselbe die Form

$$p_2 - p_0 = \frac{d^2}{(d+e)^2}\,(p - p_0) \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

annehmen.

Es sei z. B. für ein Sicherheitsventil von 3 Zoll lichter Weite und $^3/_8$ Zoll breiter Schlußfläche, also für d = 3 und für e = $^3/_8$ p = 70, so ist nach (12)

$$p_2 - p_0 = \frac{3^2}{(3 + {}^3/_8)^2}\,(70 - 14) = 44{,}25.$$

Es würde demnach ein mit einem solchen Sicherheitsventil ver-

sehener Dampfkessel, welcher zu 70 — 14 = 56, Pfund pro Quadratzoll Spannung concessionirt ist, schon bei 44,25 Pf. abblasen. Vorausgesetzt, daß aber die Erreichung von 56 Pf. Ueberdruck nöthig ist und ohne Dampfverlust stattfinden soll, so muß $p_2 - p_0 = 56$ gesetzt werden, und daraus folgt:

$$p - p_0 = \frac{3 + \frac{3}{8}}{3^2} (56) = 70{,}885.$$

Das heißt der Kessel würde zu 71 Pfund Ueberdruck concessionirt werden und dem entsprechend stärkere Bleche erhalten müssen, als der wirklich zu erreichenden Spannung von 56 Pfund nöthig wäre. Dieser Umstand verursacht eine nicht unbedeutende Erhöhung der Anlagekosten.

Z. B. bei einem Kessel von 5 Fuß Durchmesser würde bei 56 Pf. Ueberdruck nach der bis vor Kurzem in Preußen gesetzlich gültigen, auch jetzt immer noch zu empfehlenden Vorschrift die Blechstärke 0,463 Zoll sein müssen. Die in Rechnung zu stellenden 71 Pf. würden aber 0,528 Zoll starke Bleche oder einen Mehraufwand an Gewicht und Kosten von 14 Proc. erforderlich machen.

Abgesehen von dem beregten Uebelstand, daß ein breitsitziges Ventil sich bei Erreichung der Spannung p_2 wie ein undichtes Ventil verhält, werden solche Ventile auch wirklich leicht undicht und blasen daher schon bei geringerer Spannung ab. Es bringt dies dem Dampfkesselbesitzer Nachtheil und dem Feuermann Unannehmlichkeiten, denen er dadurch zu entgehen sucht, daß er das Ventil mehr und mehr belastet, ja sogar festkeilt, wie ich solches mehrfach zu beobachten Gelegenheit hatte. Ein solcher Fall hatte hier in Berlin vor mehreren Jahren wirklich eine Explosion zur Folge, da der Feuermann, welcher dabei allein sein Leben einbüßte, sich den Schlüssel zu dem vorschriftlich angebrachten Verschluß unter dem Vorwand vom Besitzer hatte geben lassen: das Ventil „nachzusehen.“ Gerade dieser Verschlußkasten hatte ihm Gelegenheit geboten, die Keile zwischen denselben und den Belastungshebel zu treiben. Während die zulässige Dampfspannung $2^1/_5$ Atm. Ueberdruck war, hatte das Manometer 10 Minuten vor der Explosion schon $7^1/_2$ Atm. gezeigt, so daß die Explosion bei 11 bis 12 Atm. erfolgt sein mag, und zwar wie gewöhnlich in der Weise, daß das Feuerrohr zusammengedrückt wurde.

Allen bis dahin in Betracht gezogenen Nachtheilen entgeht man, wenn man, wie in Fig. 13 gezeigt ist, die Schlußfläche ganz schmal oder nahezu scharf und den Schlußrand der Klappe flach macht.

Erstens: daß letzterer Umstand der aufgestellten Theorie zufolge

eine constante Spannung während des ganzen Ventilhubes zwar bedingt, aber in der Wirklichkeit ein geringes Anwachsen zur Folge hat, ist oben angedeutet und nächstdem als wünschenswerth erkannt worden.

Zweitens: Für eine schmale Schlußfläche kann die Formel (12)

$$p_2 - p_0 = \frac{d}{d + 2e}(p - p_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

geschrieben werden. Und wäre, anstatt wie vorhin $e = 3/8$ Zoll, jetzt $e = 1/64$ Zoll, so würde

$$p_2 - p_0 = \frac{3}{3 + 1/32}(p - p_0) = 96/97\,(p - p_0)$$

Man sieht daraus, daß das Abblasen des Dampfes bei einer nur sehr wenig geringeren Spannung beginnt, als diejenige ist, welche für die Blechstärke maßgebend ist.

Drittens: ein Undichtwerden des Ventils ist durch den scharfen Schluß vermieden, insofern es bei breiter Schlußfläche fast immer seinen Grund darin hat, daß aus dem Kesselwasser mit dem Dampf fortgerissene Unreinigkeiten zwischen den Flächen haften bleiben und somit den dichten Schluß verhindern. Dagegen bei einer mehr oder minder scharfen Kante werden, wenn ein solches Anhaften von fremden Körpern überhaupt stattfindet, beim Schluß des Ventils dieselben verdrängt.

Dieser, von Herrn Werner gelieferten Abhandlung können wir noch hinzufügen, daß auch nach Versuchen von Herrn Regierungsrath v. Burg in Wien konische Ventile nicht zugelassen werden müßten, dagegen der Schlußrand der Klappe eben und die Schlußfläche des Sitzes ganz schmal zu machen seien. Schließlich bleibt auch noch zu bemerken, daß Herr Werner die von ihm hervorgehobenen Vorzüge für die Construction von Sicherheitsventilen in der Praxis mehrfach bestätigt gefunden hat.

(Z. 4. 1862, S. 147 u. 389.)

E. Sicherheitsapparate.

Die verschiedenen Erscheinungen bei Kesselexplosionen und der Umstand, daß die von der einen abgeleiteten Bedingungen auf die andere nicht passen, zeigen, daß die Ursachen der Explosionen verschieden sind, und in verschiedener Weise mit einander combinirt auftreten.

Wegen des letzteren Umstandes theilen wir im Nachfolgenden die bis jetzt wahrgenommenen Ursachen, wie sie von Herrn Schwartze angegeben worden und soweit sich Mittel für ihre Abhülfe ergeben haben, im Nachfolgenden mit:

a) Uebermäßige Dampfspannung im Kessel durch zu starkes Feuern, oder Aufhören des Dampfabflusses veranlaßt.
b) Erschütterung der stark in Anspruch genommenen Kesselwände.
c) Plötzliche Störung des Gleichgewichtsstandes, welcher sich zwischen der vom Wasser unter der Form von Wärme aufgenommenen lebendigen Kraft und den im Wasser vorhandenen molecularen Kräften, welche auf den tropfbar flüssigen Zustand desselben hinwirken, zuweilen einstellt.
d) Ueberhitzung der vom Feuer bestrichenen Kesselwände, durch Wassermangel verursacht.
e) Schneller Wasserzufluß, wenn der vorige Fall eingetreten ist.
f) Isolirung der Kesselwände vom Wasser durch feste Niederschläge.
g) Entzündung von Knallgas im Kessel.
h) Entzündung eines explodirenden Gasgemenges in den Feuerzügen.

Eine Explosion durch übermäßigen Dampfdruck hat sich nach Zusammenstellungen in englischen Fabrikstädten meist nach einem längern Stillstande des Kessels an Sonn- und Feiertagen gezeigt, wobei dem gewöhnlich gewünschten schnellen Anfeuern sehr leicht die unter b) bis d) angegebenen Ursachen hinzutreten können. Ueberhaupt gehört eine Sprengung durch zu hohen Dampfdruck allein zu den Seltenheiten, da die Materialien einer stetig wachsenden Kraftwirkung bedeutenden Widerstand entgegensetzen. Nach Versuchen im Franklin-Institut gehörte dazu eine dreimal so große Rostfläche, als in der Praxis angewendet wird, bei zugeschraubten Ventilen.

Bei durch hohen Dampfdruck stark in Anspruch genommenem Material reicht aber eine kleine Erschütterung hin, die Explosion hervorzubringen. Nach Beobachtungen von Parkes treten unter 23 Fällen 19 Explosionen beim Anlassen der Maschine ein, wo der Dampf plötzlich in Bewegung kommt.

Die dritte Hypothese stützt sich auf die Analogie der plötzlichen Krystallisation übermäßig gesättigter Salzlösungen, hervorgerufen durch geringe Erschütterung. In gewissen Fällen ist es daher möglich, daß in dem Wasser alle Bedingungen zur Dampfbildung vorhanden sind, die erst durch einen äußern Anstoß zur plötzlichen und bedeutenden Aeußerung gelangen.

Wenn der Wasserstand im Kessel unter die Oberkante der Feuerzüge sinkt, so können die bloßgelegten Kesseltheile stark erhitzt werden, selbst zum Glühen gelangen, wodurch die Festigkeit des Kesselmaterials auf ungefähr $1/_6$ ihres ursprünglichen Werthes erniedrigt wird. Ein

Zerreißen an dieser Stelle ist dann leicht zu bewirken. Noch größer wird die Gefahr, wenn in diesem Zustande dem Kessel bedeutend Wasser zugeführt wird (e). Dieses kommt dann mit den glühenden Wänden in Berührung und erzeugt eine heftige, von starkem Aufwallen und bedeutenden Stößen begleitende Dampfentwickelung, so daß also hier ein großer Theil der Bedingungen zur Explosion zusammen kommt.

Kesselstein und andere schlammige Niederschläge heben die Berührung zwischen Wasser und Kesselwand auf und verhindern als schlechte Wärmeleiter die Abgabe der Wärme an das Wasser. Dadurch tritt an dieser Stelle eine Ueberhitzung des Materials ein, wie auch nach Arago's Beobachtungen schon ein im Kessel gebliebener wollener Lappen das Durchbrennen der bezüglichen Stelle verursachte, und man hat so dieselbe Sachlage wie bei Wassermangel.

Daß sich Knallgas im Kessel bildet, ist eine sehr unwahrscheinliche Voraussetzung. Selbst wenn die Kesselwand glühend würde, um eine Zersetzung des Wassers möglich zu machen, würde der frei werdende Sauerstoff das Eisen oxydiren. Ein Ersatz dieses Sauerstoffs durch den in der Luft, welche die Speisepumpe mit dem Speisewasser in den Kessel schafft, enthaltenen, findet bei vorgewärmtem Wasser fast gar nicht statt, und würde, wenn auch die nöthige Menge Luft zufällig in den Kessel gelangte, eine Entzündung des stark mit Dampf vermischten Gases nicht erfolgen können. Die für diesen Fall angenommenen electrischen Entladungen sind bis jetzt nur Vermuthungen geblieben. Ebenso wenig Anhalt hat die Hypothese von Jobard, daß sich aus den im Wasser enthaltenen Pflanzentheilen durch Verkohlen ein explosives Gas bilde, welches dann an den glühendeu Kesselwänden sich entzündet.

Die einzig nachweisbaren Gasentzündungen sind nur im Feuerraum vorgekommen, wenn sich durch zu frühes Schließen des Registers Kohlenwasserstoff-Verbindungen in den Feuerzügen gebildet hatten, die dann durch Oeffnen der Feuerthür sich mit atmosphärischer Luft mengten und durch eine eingebrachte Flamme entzündet wurden. Dieser Fall gehört also nicht eigentlich unter die Kesselexplosionen.

(Z. 23, 1861, Nr. 5; dar. J. 4. 1862, S. 358.)

Mit der unter e) angeführten Hypothese stimmt auch die von Dufour ziemlich überein, nach welcher, seinen Versuchen zufolge, luftleeres Wasser auf sehr hohe Temperatur, 178° C, gebracht werden kann, ohne Dampf zu entwickeln, dabei aber in einen labilen Gleichgewichtszustand geräth, bei dessen Störung eine heftige Dampfentwicklung eintritt. Beim Dampfkesselbetrieb können die erwähnten Umstände ein-

treten, wenn der Betrieb für einige Zeit eingestellt war, und dann plötzlich ein Dampfabflußrohr geöffnet oder der Kessel gespeist wird.

(J. 20, 1862, Nr. 11; dar. J. 2 1862, Bd. 165, S. 230.)

Im Nachfolgenden theilen wir noch die Construction einiger, der neueren Zeit angehörenden Apparate mit, die den Sicherheitsapparaten zuzuzählen sind, und den Zweck haben, die unter a) und d) angeführten Umstände zu verhindern.

Taf. II. Fig. 14.

1) Der Apparat von Herrn Peter Fischer in Graz ist so construirt, daß er einerseits bei zu niedrigem Wasserstande, andernseits bei zu hoher Dampfspannung das Feuer auslöscht. Fig. 14 zeigt einen Längendurchschnitt desselben, nach welchem derselbe zusammengesetzt ist, wie folgt:

Mit dem gewöhnlichen, der gesetzlichen Spannung entsprechend belasteten Ventile a ist ein zweites Ventil b von größerem Querschnitt derart in Verbindung gebracht, daß letzteres für sich allein geöffnet werden kann. Dieses Ventil b steht durch das spiralförmig gewundene Kupferrohr d mit der eigentlichen Sicherheitsvorrichtung A und durch die gußeiserne Röhre f mit dem Feuerungsraum in leitender Verbindung.

Die Sicherheitsvorrichtung besteht aus einem, an seinem unteren Ende trichterförmig erweiterten Kupferrohr g, welches bis zur Feuerlinie in den Kessel hinabreicht, und an seinem oberen Ende durch einen aus einer leichtflüssigen Metalllegirung gegossenen Propf n verschlossen ist.

Dieses Rohr ist bei normalem Wasserstande stets mit Wasser, welches durch die im Kessel herrschende Spannung nach oben gedrückt wird, gefüllt. In dem Augenblicke, wo das Wasser unter die Feuerlinie sinkt, entleert sich dasselbe und die Folge hiervon ist: daß, nachdem der Propf durch die höhere Temperatur des einströmenden Dampfes abgeschmolzen, das Ventil b gehoben und das Feuer durch den aus der Röhre f einströmenden Wasserdampf ausgelöscht wird. Wird hingegen das Ventil a durch zu große Spannung des im Kessel angesammelten Dampfes gehoben, so bleibt der Propf, dessen Abschmelzen in diesem Falle durch das im spiralförmig gewundenen Kupferrohr d sich ansammelnde Condensationswasser verhindert wird, unbeschädigt, während der entweichende Dampf ebenfalls in den Feuerungsraum eindringt und auf diese Weise einer weiteren Erhitzung des Kessels vorbeugt. Der abgeschmolzene Pfropf kann durch Abschrauben des Deckels r leicht durch einen neuen ersetzt werden.

Wie ersichtlich, kann der beschriebene Apparat nur Anwendung finden für Kessel, welche mit niedriger Spannung arbeiten oder bei wel-

chen die Belastung des Sicherheitsventils (a) eine directe sein kann. Auch bleibt noch erwähnungswerth, daß nach den in Amerika gemachten Versuchen der Schmelzpunkt von gewissen Metalllegirungen keineswegs constant bleibt, sondern sich mit der Zeit ändert, was die Zuverlässigkeit von Sicherheitsvorrichtungen, bei denen solche Legirungen eine wesentliche Rolle spielen, im hohen Maße beschränkt.

(J. 12, 1862, Nr. 5; dar. J. 3. 1862, S. 651.)

2) Der nächst zu erwähnende Apparat, dessen Construction von Herrn J. Krischer in Köln herrührt, hat den Zweck, den Zustand des Kessels in Bezug auf den Wasserstand desselben in gefährlichen Momenten und auf große Entfernungen hin anzugeben, indem er dann eine galvanische Batterie schließt und ein Läutewerk in Bewegung setzt. Fig. 15 auf Taf. II zeigt eine Skizze des Apparats, von dem die Einrichtung folgende ist: a ist eine Schwimmkugel, welche sich an dem längern Arm des um f drehbaren Hebels g h befindet; b ist eine metallische Verbindung der Schwimmvorrichtung mit dem Kessel und dadurch mit der Erde; i i ist eine Isolirbüchse, durch welche dampfdicht die Metallleitung m o geht, an welche sich die Drahtleitung e anschließt, welche zu dem electromagnetischen Läutewerk und zu dem positiven Pol einer galvanischen Batterie führt, während der negative Pol mit der Erde in leitende Verbindung gebracht wird. Taf. II. Fig. 15.

In dem Moment, wo die Schwimmkugel mit dem Niveau des Wassers so tief sinkt, daß der Punkt n des metallischen Hebels den Theil m der Metallleitung m o berührt, wird die Kette geschlossen und das electromagnetische Läutewerk in Thätigkeit gesetzt, bis durch Zufluß von Wasser die Schwimmkugel a wieder so hoch gehoben ist, daß der Punkt n den Punkt m nicht mehr berührt.

Was den Apparat besonders empfehlenswerth erscheinen läßt, ist der Umstand, daß die ganze Schwimmvorrichtung im Innern des Kessels, also Niemandem während des Betriebes zugänglich ist, so wie daß der Kesselbesitzer von dem Zustande des Kessels Kenntniß erhält, ohne daß der betreffende Heizer von dieser Kenntnißnahme weiß; und grade letzterer Umstand ist für den Heizer die größte Veranlassung, den Normalwasserstand sorgfältig zu erhalten. Der Apparat ist fernerhin auch so einzurichten, daß größere Ueberschreitungen der Wasserhöhe im Kessel ebenfalls signalisirt werden konnte. Bei mehreren neben einander liegenden Kesseln genügt eine gemeinschaftliche Leitung und ein electromagnetischer Apparat.

(J. 25. 1862, S. 229; dar. J. 3. 1862, S. 1552.)

Weitere Literatur über Garniturtheile der Dampfkessel: Ueber die Anwendung der Giffard'schen Dampfstrahlpumpe zur Förderung des Locomotiv-Speisewassers, J. 4. 1862, S. 333. — Verbessertes Retour d'eau v. Debett, J. 3. 1862, S. 1553. — Wasserstandsanzeiger v. Warren, J. 2. 1862, Bd. 163, S. 81. — Verbesserungen des Mac Naught'schen Indicators von L. Richards, J. 2. 1863, Bd. 168, S. 81. — Dampfleitungshahn von Hughes, J. 2. 1862, Bd. 166, S. 107. — Dampfreiniger v. Pougault, J. 2. 1862, Bd. 165, S. 414. —

Dampfmaschinen.

(Bd. II. S. 121—129.)

A. Neue Tabelle für gesättigte Wasser-Dämpfe; von Herrn Professor Dr. Gustav Zeuner.

Die Anwendung der Hauptsätze der „mechanischen Wärmetheorie" bei der Untersuchung des Verhaltens der gesättigten Dämpfe, speciell der Wasserdämpfe, führt, wie Clausius zuerst gezeigt hat, zu dem Resultate, daß die Dämpfe im gesättigten Zustande, d. h. in dem Zustande, in welchem sie sich befinden, so lange sie noch mit Theilen der Flüssigkeit, aus der sie hervorgingen, in Berührung sind, nicht denselben Gesetzen, wie die permanenten Gase, unterworfen sind.

Die Art und Weise, wie man seither die Dichtigkeit des gesättigten Wasserdampfes für verschiedene Temperaturen, d. h. das Gewicht der Kubikeinheit Dampf und das specifische Volumen, d. h. das Volumen der Gewichtseinheit Dampf berechnet hat, indem man die Annahme machte, es sei nach Gay-Lussac das spec. Gewicht der Wasserdämpfe im Vergleich zu Luft bei gleicher Temperatur und Spannung genommen einfach 0,6225, führt sonach auf unrichtige oder ungenaue Werthe.

In meiner Schrift: „Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie" (Freiberg 1860) habe ich zuerst mehrere Tabellen aufgestellt, welche unter anderen Werthen auch die Dichtigkeit und das spec. Volumen der gesättigten Wasserdämpfe bei verschiedenem Drucke angeben, wie sie sich nach der mechanischen Wärmetheorie finden.

Seitdem sind nun von Fairbairn und Tate*) die Resultate einer Reihe von Versuchen über Bestimmung der Dichtigkeit der Wasserdämpfe veröffentlicht worden, und eben so hat in neuester Zeit auch Hirn in seiner Schrift „Exposition analytique et expérimentale de la théorie mécanique de la chaleur“ mehrere Versuchsresultate über die gleiche Frage angegeben. Alle diese Versuchsresultate stimmen nun in überraschender Weise mit den Werthen überein, auf welche schon vorher die mechanische Wärmetheorie geführt hatte, man darf daher wohl annehmen, daß es zeitgemäß ist, alle die auf Wasserdämpfe bezüglichen Tabellen, wie sie noch in den meisten Lehr- und Handbüchern sich befinden, durch neue Tafeln zu ersetzen und vor Allem eine Tabelle aufzustellen, die besonders für den technischen Gebrauch bequem ist.

Einige solche Tabellen habe ich zwar schon in der angegebenen Schrift veröffentlicht, doch schien es mir zweckmäßig, der Haupttabelle eine größere Ausdehnung zu geben, und so ist die auf S. 90—92 vorliegende Tabelle entstanden, die ich seit 2 Jahren bei meinen Vorlesungen benutze und deren Einrichtung und Gebrauch im Folgenden näher dargelegt werden soll. Zunächst mag nur noch die Bemerkung vorausgeschickt werden, daß ich sämmtliche Werthe der Tabelle mit Hülfe der Thomas'schen Rechenmaschine, die für solche Zwecke ganz unschätzbare Dienste leistet, berechnet habe.

Die erste Columne der folgenden Tabelle giebt die Spannung des Dampfes in Atmosphären, und zwar bis 7 Atmosphären, also bis zur Grenze, bis zu welcher man heute mit dem Dampfdrucke bei Dampfmaschinen geht, schreiten die Werthe von $^1/_{10}$ zu $^1/_{10}$ Atmosphäre fort, hingegen von 7 bis 14 Atm. von $^1/_4$ zu $^1/_4$ Atm.

Die zweite Columne giebt den Dampfdruck in Millimetern Quecksilbersäule, und die dritte Columne giebt den Druck in Kilogrammen pro Quadratmeter. Columne 4 ferner giebt die Temperatur t für die verschiedenen Pressungen des gesättigten Dampfes in Graden Celsius an, und zwar aus den Angaben Regnault's durch Interpolation erhalten; so ist also z. B. die Temperatur des gesättigten Dampfes von 5 Atm. 152,22°.

Die folgenden Columnen 5, 6 u. 7 enthalten Werthe, deren Bedeutung durch einige allgemeine Betrachtungen dargelegt werden soll:

Stellt man sich vor, in einem Raume, z. B. in einem Cylinder vom Querschnitte F, befindet sich ein Kilgrm. Wasser von 0° Temperatur eingeschlossen, aus welchem man durch Wärmezuführung ge-

*) Die betreffenden Untersuchungen finden sich aufgezeichnet: J. 39. 1859, S. 365; dar. J. 2. 1860, Bd. 155, S. 1. — J. 39. 1860, S. 230; dar. J. 2. 1860, Bd. 157, S. 406. — J. 15. 1861, S. 65; dar. J. 2. 1861, Bd. 160, S. 262.

sättigten Dampf von bestimmtem Drucke p (in Kilogr. pro Quadratmeter) also bestimmter Temperatur t erzeugen soll. Der im Cylinder befindliche Kolben mag auf dem Wasserspiegel ruhen und um s_1 vom Cylinderende abstehen, es ist daher $F s_1$ das Volumen des Wassers, das mit w bezeichnet werden mag. Der Kolben soll nun vom Beginne des Versuches an mit p pro Quadrateinheit belastet sein, es soll also von außen her der Druck des Kolbens gleich dem Drucke des zu erzeugenden Dampfes sein.

Führt man jetzt dem Wasser Wärme von außen zu, so erwärmt sich dasselbe zunächst von 0^0 bis t^0, bevor die Dampfbildung eintritt, denn erst bei der Temperatur t ist die Expansivkraft der Dämpfe so groß, daß sie den Druck p überwinden und sich durch Zurückschieben des Kolbens Raum machen können.

Die Wärmemenge nun, die erforderlich ist, die Gewichtseinheit Wasser von 0^0 bis t^0 zu erwärmen, werde mit q bezeichnet, dieselbe berechnet sich bekanntlich nach Regnault durch die Formel

$$q = t + 0{,}00002\,t + 0{,}0000003\,t^3 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Wird jetzt die Wärmezuführung weiter fortgesetzt, so bildet sich Dampf von der Spannung p, der Kolben weicht zurück, bis endlich alles Wasser in Dampf übergegangen ist: steht in diesem Momente der Kolben um s_2 vom Cylinderende ab, so ist $F s_2$ das Volumen der Gewichtseinheit Dampf vom Drucke p, das mit v bezeichnet werden mag. Während der Dampfbildung ist Druck und Temperatur unveränderlich; die Wärmemenge, die während derselben zugeführt werden mußte und die mit r bezeichnet werde, nennt man bekanntlich die latente Wärme des Dampfes oder nach Clausius besser die Verdampfungswärme.

Die gesammte Wärmemenge, die hienach erforderlich ist, aus Wasser von 0^0 unter constantem Drucke die Gewichtseinheit Dampf von der Pressung p zu erzeugen ist

$$Q = q + r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

und für diesen Werth Q, der gewöhnlich die Gesammtwärme des Dampfes genannt wird, hat Regnault aus seinen Versuchen die Formel

$$Q = 606{,}5 + 0{,}305\,t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2^a)$$

abgeleitet.

Der Dampf hat nun aber während seiner Entstehung Arbeit verrichtet, denn er übte gegen den Kolben den Druck $F p$ aus und schob denselben um den Weg $s_2 - s_1$ zurück, sonach beträgt die Arbeit

$$F p\,(s_2 - s_1)$$

oder weil nach obigen Angaben $F s_2 = v$ und $F s_1 = w$ gesetzt werden sollte

$$p\,(v - w)$$

Der Werth von $v - w$ giebt die Differenz der Gewichtseinheit (1 Kilgrm.) Dampf vom Drucke p und der Gewichtseinheit Wasser, welch letzterer Werth als constant für verschiedene Temperaturen und 0,001 Kubikmeter angenommen werden darf. Bezeichnet man diese Differenz der Einfachheit wegen mit dem Buchstaben u, setzt man also:

$$v - w = u \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

so ergiebt sich die Arbeit, welche die Gewichtseinheit Dampf bei der Bildung verrichtete:

$$p\,u.$$

Nach den neueren Anschauungen entspricht nun jeder Arbeitsverrichtung das Verschwinden einer gewissen Wärmemenge, und die Versuche haben ergeben, daß gerade eine Wärmeeinheit verschwindet oder verbraucht wird bei einer Arbeit von 424 Meterkilogrammen. Umgekehrt ist $^1/_{424}$ (welcher Werth mit A bezeichnet werden mag) die Wärmemenge, welche der Arbeitseinheit (einem Meterkilogrm.) entspricht; A heißt das Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit.

Nach der obigen Darstellung verrichtet nun der Dampf bei der Bildung unter constantem Drucke p die Arbeit p u; man muß daher schließen, daß hierbei eine Wärmemenge

$$A\,p\,u$$

verschwindet. Wenn man also der Gewichtseinheit Wasser von 0° die Wärmemenge Q zuführen mußte, um daraus unter constantem Drucke p, Dampf vom Drucke p zu erzeugen, so ist diese Wärmemenge schließlich nicht mehr im Dampfe vorhanden, vielmehr ist im Dampfe eine Wärmemenge J zurückgeblieben, welche sich durch die Gleichung

$$J = Q - A\,p\,u \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

bestimmt. Diese Wärmemenge habe ich „die im Dampf enthaltene Wärme“ oder kürzer „Dampfwärme“ genannt. Der Werth J giebt also an, wie viel Calorien Wärme in der Gewichtseinheit gesättigten Dampfes von gewissem Druck p mehr enthalten sind, als in der Gewichtseinheit Wasser von 0° Temperatur.

Die latente Wärme oder Verdampfungswärme r ergab hingegen nach obiger Darstellung die Wärmemenge, welche solchem Wasser zugeführt werden muß, das schon die Temperatur t des zu bildenden Dampfes hat, unter der Voraussetzung, daß die Bildung des Dampfes bei constantem Drucke stattfindet. Subtrahirt man von dem Werthe r die in Arbeit verwandelte Wärme A p u, so ergiebt die Differenz, die mit ϱ bezeichnet werden mag, die Wärmemenge, die in der Gewichtseinheit

Dampf von der Temperatur t mehr enthalten, als in der Gewichtseinheit Wasser von gleicher Temperatur. Den Werth

$$\varrho = r - Apu \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

nenne ich die innere latente Wärme.

Die beiden Größen J und ϱ habe ich eingeführt, nicht nur weil dadurch alle auf das Verhalten des Dampfes bezüglichen Rechnungen wesentlich vereinfacht werden, sondern weil dieselben eine allgemeinere Bedeutung haben, als die Größen Q und r. Die Dampfwärme J und innere latente Wärme ϱ sind beide gänzlich unabhängig von der Art und Weise, wie der Dampf gebildet wurde, während man bei Anwendung der Gesammtwärme Q und der Verdampfungswärme r stets im Auge behalten muß, daß sie voraussetzen, die Dampfbildung habe unter constantem Drucke stattgefunden.

Die bei der Bildung des Dampfes unter constantem Drucke in Arbeit verwandelte Wärme habe ich nach den Lehren der mechanischen Wärmetheorie für verschiedene Temperaturen in der angeführten Schrift berechnet und zugleich gezeigt, daß man mit sehr großer Genauigkeit die Bestimmung auch mittelst der empirischen Formel

$$Apu = B \log. n. \frac{T}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

vornehmen kann. In dieser Gleichung sind B und n constante Größen und zwar ist zu setzen B = 30,456 und n = 100, während T die sogenannte absolute Temperatur bedeutet, die sich aus

$$T = 273 + t$$

berechnet.

Nach der Gleichung (6) ist nun die 5. Columne unserer Tabelle berechnet.

Da in den Gleichungen (4) und (5) die Werthe Q und r nach Regnault bekannt sind, so ließen sich nun auch die Werthe J und ϱ bestimmen. Ich habe jedoch vorgezogen, von den Regnault'schen empirischen Formeln keinen Gebrauch zu machen, sondern aus dessen Versuchen direct die gesuchten Werthe abzuleiten. Es hat sich mir dann allgemein für die Dampfwärme J die Formel

$$J = 573{,}34 + 0{,}2342t \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

ergeben und nach dieser Gleichung sind die Werthe der Columne 6 der Tabelle berechnet.

Ferner fand sich, allerdings zunächst nur für die bei Dampfmaschinen vorkommenden Dampftemperaturen die innere latente Wärme

$$\varrho = 575{,}03 - 0{,}7882t \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

und nach dieser Gleichung ist die Columne 7 der Tabelle berechnet.

So ist also nach der Tabelle für Dampf von 5 Atm. Spannung die Wärmemenge, die bei der Bildung in Arbeit verwandelt wird:

$$A\,p\,u = 44{,}083 \text{ Calorien,}$$

die Arbeit selbst findet sich sonach

$$44{,}083 + 424 = 18691{,}19 \text{ Meterkilogrammen.}$$

Die Dampfwärme ergiebt sich:

$$J = 608{,}99 \text{ Calorien,}$$

und die innere latente Wärme:

$$\varrho = 455{,}05.$$

Nach Gleichung (4) würde sich übrigens für diesen Dampf die Gesammtwärme ergeben.

$$Q = J + A\,p\,u = 653{,}07$$

(Regnault's Formel 2^a ergiebt 652,93)

und ebenso folgt die Verdampfungswärme:

$$r = \varrho + A\,p\,u = 499{,}13$$

(nach Regnault ist $r = 499{,}20$)

und ebenso folgt die Verdampfungswärme:

$$r = \varrho + A\,p\,u = 499{,}13$$

(nach Regnault ist $r = 499{,}20$).

Uebrigens mag noch darauf hingewiesen werden, daß auch die Beziehung

$$J - \varrho = q \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (9)$$

gilt, wie sich leicht durch Subtraktion der Gleichungen (4) und (5) und durch Vergleich mit Gleichung (2) ergiebt. Man erhält daher durch Benutzung der Gleichungen (7) und (8) für die bei Dampfmaschinen vorkommenden Dampftemperaturen:

$$q = -1{,}69 + 1{,}0224\,t \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (10)$$

als Wärmemenge, die erforderlich ist, Wasser von 0^0 auf t^0 zu erwärmen. Näherungsweise folgt hieraus für mittlere Temperaturen die spec. Wärme des Wassers:

$$c = 1{,}0224 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (11)$$

Nach Vorstehendem erklären sich nun leicht die übrigen Columnen der Tabelle.

Columne 8 enthält die Werthe von u, die erhalten wurden, indem man die Werthe A p u der Col. 5 durch A p dividirte. Col. 9 enthält die Werthe von $\frac{\varrho}{u}$, hervorgegangen aus den Col. 7 und 8.

Es ist vortheilhaft, diese Werthe von $\frac{\varrho}{u}$ im Voraus zu berechnen, wie es hier geschehen ist, da diese Werthe bei den meisten Problemen,

die sich auf das Verhalten der Dämpfe beziehen, auftreten; es kann ihnen übrigens eine wichtige bestimmte Bedeutung unterlegt werden.

Der Werth u ist nach Gleichung (3) nahezu das Volumen v der Gewichtseinheit Dampf, da das spec. Volumen w des Wassers gegen v sehr klein ist, so klein, daß es in den meisten Fällen der Rechnung weggelassen werden kann; der Werth ϱ ist die innere latente Wärme der Gewichtseinheit, daraus folgt, daß $\frac{\varrho}{u}$ als die innere latente Wärme der Volumeneinheit, d. h. eines Kubikmeters Dampf, angesehen werden kann.

Aus Col. 10 ist ersichtlich, daß die Differenzen nur langsam mit dem Drucke abnehmen, diese innere latente Wärme der Gewichtseinheit ist daher nahezu der Dampfspannung proportional.

Aus der Gleichung (3) ergiebt sich nun endlich das spec. Volumen v des Dampfes oder das Volumen von einem Kilogr. Dampf bei verschiedenen Pressungen

$$v = u + w.$$

Es ist aber u in Col. 8 gegeben und für das spec. Volumen w des Wassers kann man setzen $w = 0{,}001$. Hieraus ergeben sich die Werthe v der Col. 11 der Tabelle. Umgekehrt ist die Dichtigkeit γ oder das Gewicht von einem Kubikmeter Dampf bei verschiedenen Spannungen durch die Formel:

$$\gamma = \frac{1}{v}$$

gegeben. Columne 12 enthält die entsprechenden Werthe.

Zusatz. Eine Tabelle, wie die vorliegende, erleichtert die Lösung von Aufgaben, die sich auf das Verhalten der Wasserdämpfe beziehen, in den meisten Fällen außerordentlich. In der oben angeführten Schrift habe ich eine Reihe von Problemen gelöst, z. B. die Untersuchung der Vorgänge bei der Erwärmung von Wasser und Dampf bei constantem Volumen, die Gesetze der Oberflächencondensation, der Condensation durch Einspritzen von kaltem Wasser u. s. w., Probleme, die für die Theorie der Dampfmaschine von Wichtigkeit sind.

In Folgendem will ich, um damit den Nutzen der gegebenen Tabelle genauer darzulegen, eines der genannten Probleme etwas weiter verfolgen, und dasselbe in einer Form vorlegen, aus der die große praktische Bedeutung desselben sogleich hervorgeht.

Es soll die Frage beantwortet werden: nach welchem Gesetze in einem Dampfkessel die Dampfspannung bei fortgesetztem Heizen mit der Zeit wächst, wenn von einem gewissen Zeitpunkte an die Dampfableitung

unterbrochen wird und die Ventile in geschlossenem Zustande erhalten werden.

Es sei im Augenblicke des Absperrens das Gewicht von Wasser und Dampf im Kessel M, davon seien m Kilogrm. dampfförmig. Die Temperatur sei t und die Spannung p. Hieraus folgt zunächst das Volumen des Wassers (die obigen Bezeichnungen beibehalten)

$$(M-m),$$

w; das Dampfvolumen m v und daher das Volumen V der ganzen Masse

$$V = (M-m)\, w + mv$$
$$= M\, w + m\,(v-w)$$

auch einfacher nach Gleichung (3)

$$V = Mw + mu.$$

Durch das fortgesetzte Heizen des Kessels sei die Dampfmenge nach τ Minuten in den größeren Werth m_1, die Temperatur in t_1 und die Spannung in p_1 übergegangen; bezeichnen wir den der Temperatur t_1 entsprechenden Werth von u mit u_1, so folgt jetzt, da keine Volumenveränderung stattgefunden hat, auch:

$$V = Mw + m_1\, u_1$$

und durch Gleichsetzen der letzten beiden Ausdrücke:

$$m_1\, u_1 = m\, u \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (12)$$

Man kann hiernach schon für jede andere Temperatur t_1 die Dampfmenge m_1 berechnen.

Aus dieser Gleichung läßt sich aber noch eine andere aufstellen.

Die Wärmemenge, die anfänglich im Wasser enthalten ist, beträgt

$$(M - m)\, q$$

und die im Dampfe enthaltene:

$$m\, J.$$

Daher die Wärmemenge in der ganzen Masse:

$$(M - m)\, q + m\, J$$

oder:

$$M\, q + m\, (J - q)$$

und noch einfacher, wenn man die Beziehung (Gl. 9) benutzt:

$$M\, q + m\, \varrho.$$

Bei einer anderen Temperatur t_1 findet sich hingegen die Wärmemenge in der ganzen Masse von Wasser und Dampf

$$M\, q_1 + m_1\, \varrho_1$$

und daher ist die Wärmemenge Q, die von außen zuzuführen war, damit eben die Temperatur von t auf t_1 stieg:

$$Q = M\, (q_1 - q) + m_1\, \varrho_1 - m\, \varrho.$$

Benutzt man hier für q und q_1 die Gleichung (10), indem man die

Zeuner's neue Tabelle für gesättigten Wasserdampf.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dampfspannung			Temperatur (Celsius)	Wärmemenge die bei der Bildung in Arbeit verwandelt wird.	Dampfwärme	Innere latente Wärme	Werthe von	Werthe von	Differenzen.	Volumen von 1 Kilogramm Dampf	Dichtigkeit, Gewicht von 1 Kubikmeter
In Atmosphären	In Millimeter Quecksilb. Säule	In Kilogrammen pro Quadratmet. p	t	Apu	J	ρ	u	ρ/u		v Kubikmeter	γ Kilogr.
0,1	76	1033,4	46,21	35,349	584,16	538,61	14,5034	37,14		14,5044	0,069
0,2	152	2066,8	60,45	36,679	587,50	527,38	7,5246	70,09	32,95	7,5256	0,133
0,3	228	3100,2	69,49	37,493	589,61	520,26	5,1278	101,46	31,37	5,1288	0,195
0,4	304	4133,6	76,25	38,089	591,20	514,93	3,9069	131,80	30,34	3,9079	0,256
0,5	380	5167,0	81,71	38,562	592,48	510,63	3,1644	161,37	29,57	3,1656	0,316
0,6	456	6200,4	86,32	38,954	593,56	506,99	2,6638	190,33	28,96	2.6648	0,375
0,7	532	7233,8	90,32	39,292	594,49	503.84	2,3030	218,77	28,44	2,3040	0,434
0,8	608	8267,2	93,88	39,589	595,33	501,03	2,0304	246,77	28,00	2,0314	0,492
0,9	684	9300,6	97,08	39,853	596,08	498,51	1,8168	274,38	27,61	1,8178	0,550
1,0	760	10334,0	100,00	40,092	596,76	496,21	1,6450	301,65	27,27	1,6460	0,607
1,1	836	11367,4	102,68	40,310	597,39	494,10	1,5036	328,62	26,97	1,5046	0,665
1,2	912	12400,8	105,17	40,512	597,97	492,13	1,3851	355,29	26,67	1,3861	0,722
1,3	988	13434,2	107,50	40,699	598,52	490,30	1 2845	381,70	26,41	1,2855	0,778
1,4	1064	14467,6	109,68	40,873	599,03	488,58	1,1978	407,88	26,18	1,1988	0,834
1,5	1140	15501,0	111'74	41,036	599,51	486,96	1,1225	433.82	25.94	1,1235	0,890
1,6	1216	16534,4	113'69	41,190	596,97	485,42	1,0563	459,56	25,74	1,0573	0,946
1,7	1292	17567,8	115'54	41,336	600,40	483,96	0,9976	485,11	25,55	0,9986	1,001
1,8	1368	18601,2	117'30	41,473	600.81	482,57	0,9453	510,47	25,36	0,9463	1,057
1,9	1444	19634,6	118'99	41,605	601,21	481,24	0,8984	535,64	25,17	0,8994	1,112
2,0	1520	20668,0	120,60	41,730	601,58	479.97	0,8561	560,67	25,03	0,8571	1,167
2,1	1596	21701,4	122,15	41,849	601,95	478,75	0,8176	585,52	24,85	0,8186	1,222
2,2	1672	22734,8	123,64	41,964	602,30	477,58	0,7826	610,23	24,71	0,7836	1,276
2,3	1748	23768,2	125,07	42,073	602,63	476,45	0,7505	634,80	24,57	0,7515	1,331
2,4	1824	24801,6	126,46	42,180	602,96	475,35	0,7211	659,21	24,41	0.7221	1,385
2,5	1900	25835,0	127,80	42,282	603.27	474,30	0,6939	683,50	24,29	0,6949	1,439
2,6	1976	26868,4	129,10	42,380	603,57	473,27	0,6688	707,66	24,16	0,6698	1,493
2,7	2052	27901,8	130,35	42,475	603,87	472,29	0,6454	731,71	24,05	0,6464	1,547
2,8	2128	28935,2	131,57	42,567	604,15	471,33	0,6237	755.63	23,92	0,6247	1,601
2,9	2204	29968,6	132,76	42,656	604,43	470,39	0,6035	779,42	23,79	0,6045	1,654
3,0	2280	31002,0	133,91	42,742	604,70	469,48	0,5846	803,12	23,70	0,5856	1,708
3,1	2356	32035,4	135,03	42,826	604,96	468,60	0,5668	826,72	23,60	0,5678	1,761
3,2	2432	33068,8	136,12	42,907	605,22	467,74	0,5501	850,20	23,48	0,5511	1,814
3,3	2508	34102,2	137,19	42,987	605,47	466,90	0,5345	873,57	23,37	0,5355	1,867
3,4	2584	35135,6	138,23	43,064	605,71	466,08	0.5197	896,86	23,29	0,5207	1,920
3,5	2660	36169,0	139,24	43,139	605,95	465,27	0,5057	920,05	23,19	0,5067	1,973
3,6	2736	37202,4	140,23	43,212	606,18	464,50	0,4925	943,16	23,11	0,4935	2,026
3,7	2812	38235,8	141,21	43,284	606,41	463,73	0,4800	966,14	22,98	0,4810	2,079
3,8	2888	39269,2	142,15	43,353	606,63	462,99	0,4681	989,09	22,95	0,4691	2,132
3,9	2964	40302.6	143,08	43,421	606,85	462,25	0,4568	1011,92	22,83	0,4578	2,184
4,0	3040	41336,0	144,00	43,488	607,06	461,53	0,4461	1034,63	22,71	0,4471	2,237
4,1	3116	42369,4	144,89	43,553	607,27	460,83	0,4358	1057,31	22,68	0,4368	1,289
4,2	3192	43402,8	145,76	43,617	607,48	460,14	0,4261	1079,91	22,60	0,4271	2,341
4,3	3268	44436,2	146,61	43,678	607,68	459,47	0,4168	1102,45	22,54	0,4178	2,393
4,4	3344	45469,6	147,46	43,740	607,87	458,80	0,4079	1124,87	22,42	0,4089	2,446

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dampfspannung			Temperatur (Celsius)	Wärmemenge die bei der Bildung in Arbeit verwandelt wird.	Dampfwärme	Innere latente Wärme	Werthe von	Werthe von	Differenzen	Volumen von 1 Kilogramm Dampf	Dichtigkeit, Gewicht von 1 Kubikmeter
In Atmosphären	In Millimeter Quecksilb. Säule	In Kilogrammen pro Quadratmeter. p	t	Apu	J	ρ	u	ρ/u		o Kubikmeter	γ Kilogr.
4,5	3420	46503,0	148,29	43,800	608,07	458,15	0,3993	1147,21	22,34	0,4003	2,498
4,6	3496	47536,4	149,10	43,859	608,26	457,51	0,3912	1169,51	22,30	0,3922	2,550
4,7	3572	48569,8	149,90	43,916	608,45	456,88	0,3834	1191,71	22,20	0,3844	2,602
4,8	3648	49603,2	150,69	43,973	608,63	456,26	0,3759	1213,85	22,14	0,3769	2,653
4,9	3724	50636,6	151,46	44,028	608,81	455,65	0,3687	1235,93	22,08	0,3697	2,705
5,0	3800	51670,0	152,22	44,083	608,99	455,05	0,3617	1257,94		0,3627	2,757
5,1	3876	52703,4	152,97	44,137	609,16	454,46	0,3551	1279,87	21,93	0,3561	2,807
5,2	3952	53736,8	153,70	44,189	609,34	453,88	0,3487	1301,78	21,91	0,3497	2,859
5,3	4028	54770,2	154,43	44,241	609,51	453,31	0,3425	1323,57	21,79	0,3435	2,911
5,4	4104	55803,6	155,14	44,291	609,67	452,75	0,3365	1345,34	21,77	0,3375	2,963
5,5	4180	56837,0	155,85	44,342	609,84	452,19	0,3308	1367,00	21,66	0,3318	3,014
5,6	4256	57870,4	156,54	44,391	610,00	451,64	0,3252	1388,66	21,66	0,3262	3,066
5,7	4332	58903,8	157,22	44,439	610,16	451,11	0,3199	1410,24	21,58	0,3209	3,116
5,8	4408	59937,2	157,90	44,487	610,32	450,57	0,3147	1431,73	21,49	0,3157	3,168
5,9	4484	60970,6	158,56	44,534	610,47	450,05	0,3097	1453,20	21,47	0,3107	3,219
6,0	4560	62004,0	159,22	44,580	610,63	449,53	0,3048	1474,59	21,39	0,3058	3,270
6,1	4636	63037,4	159,87	44,626	610,78	449,02	0,3002	1495,93	21,34	0,3012	3,320
6,2	4712	64070,8	160,50	44,670	610,93	448,52	0,2956	1517,26	21,33	0,2966	3,371
6,3	4788	65104,2	161,14	44,715	611,08	448,02	0,2912	1538,44	21,18	0,2922	3,422
6,4	4864	66137,6	161,76	44,759	611,22	447,53	0,2869	1559,65	21,21	0,2879	3,472
6,5	4940	67171,0	162,37	44,801	611,37	447,05	0,2828	1580,81	21,16	0,2838	3,523
6,6	5016	68204,4	162,98	44,844	611,51	446,57	0,2788	1601,87	21,06	0,2798	3,574
6,7	5092	69237,8	163,58	44,886	611,65	446,10	0,2749	1622,90	21,03	0,2759	3,624
6,8	5168	70271,2	164,18	44,928	611,79	445,62	0,2711	1643,87	20,97	0,2721	3,674
6,9	5244	71304,6	164,76	44,968	611,93	445,17	0,2674	1664,82	20,95	0,2684	3,725
7,00	5320	72338,0	165,34	45,008	612,06	444,71	0,2638	1685,70	20,88	0,2648	3,776
7,25	5510	74921,5	166,77	45,108	612,40	443,58	0,2553	1737,66	51,96	0,2563	3,902
7,50	5700	77505,0	168,15	45,203	612,72	442,49	0,2473	1789,38	51,72	0,2483	4,027
7,75	5890	80088,5	169,50	45,296	613,04	441,43	0,2398	1840,79	51,41	0,2408	4,152
8,00	6080	82672,0	170,81	45,386	613,34	440,40	0,2328	1891,96	51,17	0,2338	4,277
8,25	6270	85255,5	172,10	45,475	613,64	439,38	0,2261	1942,80	50,84	0,2271	4,403
8,50	6460	87839,0	173,35	45,560	613,94	438,39	0,2199	1993,44	50,64	0,2209	4,527
8,75	6650	90422,5	174,57	45,643	614,22	437,43	0,2140	2043,85	50,41	0,2150	4,651
9,00	6840	93006,0	175,77	45,725	614,50	436,49	0,2084	2093,95	50,10	0,2094	4,775
9,25	7030	95589,5	176,94	45,804	614,78	435,56	0,2032	2143,85	49,90	0,2042	4,897
9,50	7220	98173,0	178,08	45,881	615,05	434,67	0,1981	2193,56	49,71	0,1991	5,023
9,75	7410	100756,5	179,21	45,957	615,31	433,78	0,1934	2242,94	49,38	0,1944	5,144
10,00	7600	103340,0	180,31	46,031	615,57	432,91	0,1889	2292,16	49,22	0,1899	5,266
10,25	7790	105923,5	181,38	46,103	615,82	432,07	0,1845	2341,25	49,09	0,1855	5,391
10,50	7980	108507,0	182,44	46,174	616,07	431,23	0,1804	2390,03	48,78	0,1814	5,513
10,75	8170	111090,5	183,48	46,243	616,42	430,41	0,1765	2438,62	48,59	0,1775	5,634
11,00	8360	113674,0	184,50	46,311	616,55	429,61	0,1727	2487,01	48,39	0,1737	5,757
11,25	8550	116257,5	185,51	46,379	616,79	428,81	0,1691	2535,11	48,10	0,1701	5,879
11,50	8740	118841,0	186,49	46,444	617,01	428,04	0,1657	2583,18	48,07	0,1667	5,998

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dampfspannung			Temperatur (Celsius)	Wärmemenge, die bei der Bildung in Arbeit verwandelt wird	Dampfwärme	Innere latente Wärme	Werthe von	Werthe von	Differenzen	Volumen von 1 Kilogramm Dampf	Dichtigkeit, Gewicht von 1 Kubikmeter
In Atmosphären	In Millimetr. Quecksilb. Säule	In Kilogrammen pro Quadratmeter p	t	Apu	J	ϱ	u	$\frac{\varrho}{u}$		o Kubikmeter	γ Kilogr.
11,75	8930	121424,5	187,46	46,508	617,34	427,27	0,1624	2631,00	47,82	0,1634	6,120
12,00	9120	124008,0	188,41	46,571	617,46	426,52	0,1592	2678,66	47,66	0,1602	6,242
12,25	9310	126591,5	189,35	46,633	617,68	425,78	0,1562	2726,08	47,42	0,1572	6,361
12,50	9500	129175,0	190,27	46,693	617,90	425,06	0,1533	2773,38	47,30	0,1543	6,481
12,75	9690	131758,5	191,18	46,753	618,11	424,34	0,1504	2820,47	47,09	0,1514	6,605
13,00	9880	134342,0	192,08	46,812	618,32	423,63	0,1477	2867,32	46,85	0,1487	6,725
13,25	10070	136925,5	192,96	46,869	618,53	422,94	0,1451	2914,11	46,79	0,1461	6,845
13,50	10260	139509,0	193,83	46,926	618,73	422,25	0,1426	2960,69	46,58	0,1436	6,964
13,75	10450	142092,5	194,69	46,982	618,94	421,59	0,1402	3007,22	46,53	0,1412	7,082
14,00	10640	144676,0	195,53	47,037	619,14	420,91	0,1378	3053,39	46,17	0,1388	7,205

mittlere spec. Wärme des Wassers, nämlich 1,0224, mit c bezeichnet und setzt man für m_1 den Werth ein, der sich aus Gleichung (12) ergiebt, so verwandelt sich die letzte Gleichung in folgende:

$$Q = M c (t_1 - t) = m u \left(\frac{\varrho_1}{u_1} - \frac{\varrho}{u}\right).$$

Ist endlich nach Q_0 die Wärmemenge, die in jeder Minute in den Kessel tritt, so findet sich die Zeit τ (in Minuten), innerhalb welcher die Temperatur von t auf t_1 und die Spannung von p auf p_1 steigt

$$\tau = \frac{Q}{Q_0} = \frac{1}{Q_0} \left\{ M c (t_1 - t) + m u \left(\frac{\varrho_1}{u_1} - \frac{\varrho}{u}\right) \right\} \quad . \ . \ . \ . \ (13)$$

durch welche Gleichung die Aufgabe gelöst ist.

Es kann schon hier hervorgehoben werden (das folgende numerische Beispiel wird es bestätigen), daß in der Gleichung (13) bei ihrer Anwendung auf Dampfkessel das Glied $M c (t_1 - t)$ das andere Glied in der Klammer stets sehr bedeutend überwiegt, weil die Wassermenge in einem Kessel dem Gewichte nach immer sehr beträchtlich größer ist, als die Dampfmenge. Hieraus folgt ohne Weiteres, daß die Temperaturerhöhung $t_1 - t$ nahezu der Zeit τ proportional ist. Das ist, wie neuerdings Regierungsrath von Burg in seinem Aufsatze „Ueber die Wirksamkeit der Sicherheitsventile" (Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. XLV S. 413) gezeigt hat, durch die Versuche von Fairbairn auch bestätigt worden. Meine Formel erklärt jetzt die Versuchsresultate Fairbairn's vollständig und zeigt, unter welchen Verhältnissen die sogenannte Proportionalität angenommen werden darf und

daß die Abweichungen von der v. Burg'schen Annahme um so größer ausfallen müssen, je weniger Wasser im Verhältniß zum Dampf dem Gewichte nach im Kessel vorhanden ist.

Denke man sich, um die Brauchbarkeit der obigen Formeln und Tabellen an einem numerischen Beispiele erkennen zu lassen, ein gewöhnlicher cylindrischer Dampfkessel habe 18 Quadratmeter Heizfläche, der Kubikinhalt desselben betrage 11 Kubikmeter. (Der Kessel entspricht einer Dampfmaschine von ungefähr 25 Pferdestärken.) Bei normaler Heizung und normalem Dampfverbrauche wird dieser Kessel, wenn man stündlich pro Quadratmeter Heizfläche 25 Kilogr. Dampf rechnet, in jeder Minute 7,5 Kilogramm Dampf liefern.

Es betrage nun die Dampfspannung bei normalem Gange 4 Atmosphären, also die Temperatur von Wasser und Dampf 144,00° C.

Da bei dem Kessel im gewöhnlichen Gange die Dampferzeugung bei constantem Drucke erfolgt, so müßte man jedem Kilogramm Speisewasser von 0° die Wärmemenge

$$J + Apu = 607{,}06 + 43{,}49 = 650{,}55$$

Wärmeeinheiten zuführen; setzt man hingegen die Temperatur des Speisewassers 15°, so ist die zuführende Wärmemenge 650,55—15= 635,55 Calorien.

Hieraus folgt, da der Kessel in der Minute 7,5 Kilogr. Dampf liefert, die Wärmemenge, welche pro Minute in den Kessel tritt und die wir mit Q_0 bezeichnet haben:

$$Q_0 = 7{,}5 \times 635{,}55 = 4766{,}62$$

Wärmeeinheiten.

Es soll nun plötzlich der Dampfabfluß unterbrochen, die Feuerung aber so fortgeführt werden, daß in der Minute immer die gleiche Wärmemenge Q_0 in den Kessel tritt. In welcher Zeit wird die Dampfspannung von 4 auf 8 Atmosphären steigen, wenn im Augenblicke des Absperrens 0,6 des Kesselvolumens mit Wasser und 0,4 desselben mit Dampf von 4 Atm. gefüllt ist?

Da das Kesselvolumen V=11 Kubikmeter beträgt, so findet sich das Wassergewicht 0,6. 11. 1000 = 6600 Kilogr. und das Dampfgewicht, weil 1 Kubikmeter Dampf von 4 Atm. nach der Tabelle 2,237 Kilogr. wiegt:

$$m = 0{,}4.\ 11.\ 2{,}237 = 9{,}84 \text{ Kilogr.}$$

Also Gewicht von Wasser und Dampf

$$M = 6609{,}84 \text{ Kilogr.}$$

Der Aufgabe gemäß ist nun ferner in Formel (13) einzusetzen, entsprechend der Anfangsspannung von 4 Atmosphären:

$$t = 144{,}00^{0};\ u = 0{,}4461;\ \frac{\varrho}{u} = 1034{,}63$$

und entsprechend der Temperatur von 8 Atmosphären:

$$t_1 = 170{,}81;\ \frac{\varrho_1}{u_1} = 1891{,}96.$$

Hieraus folgen die einzelnen Glieder der Gleichung (13):

$$Mc\,(t_1 - t) = 181179{,}3$$

$$mu\left(\frac{\varrho_1}{u_1} - \frac{\varrho}{u}\right) = 3763{,}3$$

und daher, weil $Q_0 = 4766{,}62$ ist, ergiebt sich die Zeit:

$$\tau = 38{,}80 \text{ Minuten.}$$

Es findet sich also die Zeit, innerhalb welcher die Dampfspannung bei unveränderter Heizung in vorliegendem Kessel von 4 auf 8 Atmosphären wächst: 38,80 Minuten.

Setzt man hingegen bei diesem Kessel unter sonst gleichen Verhältnissen voraus, es sei im Augenblicke des Absperrens weniger Wasser und mehr Dampf im Kessel und zwar betrage das Wasservolumen nicht 0,6, sondern 0,4 des ganzen Kesselvolumens, ein Fall, der freilich bei dem angenommenen Kessel kaum vorkommen dürfte, so berechnet sich in gleicher Weise wie vorhin das Dampfgewicht $m = 14{,}76$ Kilogramm und das Gewicht von Wasser und Dampf:

$$M = 4414{,}76 \text{ Kilogramm}$$

und die Zeit, innerhalb welcher die Spannung von 4 auf 8 Atmosphären steigt

$$\tau = 26{,}57 \text{ Minuten,}$$

und es erreicht also hier die Spannung die angegebene Grenze um 12, 23 Minuten früher; man erkennt daraus, welchen großen Einfluß die im Kessel enthaltene Wassermenge übt.

Dampfspannung in Atmosphären	Temperatur	Differenzen $t_1 - t$	Wasservolumen im Kessel			
			0,6. V.		0,4. V.	
			Zeit in Minuten	Differenzen	Zeit in Minuten	Differenzen
(Anfang) 4	$t_1 = 144{,}00$					
5	$t_1 = 152{,}22$	8,22	11,86	11,86	8,09	8,09
6	159,22	15,22	21,97	10,11	15,01	6,92
7	165,34	21,34	30,85	9,88	21,11	6,10
8	170,81	26,81	30,80	7,95	26,57	5,46
9	175,77	31,77	46,02	7,22	13,55	4,98
10	180,31	36,31	52,64	6,62	36,12	4,57
11	184,50	40,50	58,76	6,12	40,36	4,24
12	188,41	44,41	64,48	5,72	44,32	3,96

Auf dem angedeuteten Wege sind für den gleichen Dampfkessel die Werthe der vorhergehenden kleinen Tabelle entstanden. In der Ueberschrift bedeutet V den gesammten Kesselinhalt.

Man erkennt aus dieser Zusammenstellung, daß das, was v. Burg aus den Fairnbairn'schen Versuchen schloß, daß nämlich die Temperatur im Kessel nahezu der Zeit proportional zunimmt, recht gut bestätigt wird; man ersieht aber aus dem Vergleiche der letzten vier Columnen auch, welche bedeutungsvolle Rolle das Wasser in unsern Dampfkesseln spielt. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Dampfspannung in einem abgeschlossenen Dampfkessel zunimmt, ist wesentlich von der vorhandenen Wassermenge abhängig; je weniger Wasser vorhanden ist, um so schneller steigt der Druck, um so größer ist die Gefahr der Explosion. Es geht aber auch aus Allem hervor, daß die Dampfspannung in einem Kessel bei unregelmäßiger Feuerung und bei veränderlicher Dampfentziehung um so geringeren Schwankungen ausgesetzt ist, je mehr Wasser vorhanden ist.

Es bestätigt sich das, was Ch. Bernoulli längst schon ausgesprochen hat: „Das Kesselwasser ist der wahre Regulator des Dampfdruckes."

(Unveränderter Abdruck aus J. 18. 1863, S. 1; dar. J. 2. 1863, Bd. 168, S. 84.)

B. Neuere Dampfmaschinen-Constructionen.

Als Ziele der Bestrebungen, neue Dampfmaschinensysteme zu construiren, lassen sich im Allgemeinen etwa folgende angeben:

Einerseits wollte man Dampfmaschinen mit hoher Spannung und hohem Expansionsgrad herstellen, um die bekannten ökonomischen Vortheile der erstern zur Verwendung zu bringen; andererseits wollte man schnellgehende Dampfmaschinen construiren, um die sonst nöthigen Transmissionen zur Betreibung von Arbeitsmaschinen, die einen schnellen Gang erfordern, in Wegfall zu bringen; endlich war man bemüht, den Dampfkanälen in dem Cylinder solche Lage zu geben, daß der bekannte schädliche Raum dadurch auf ein Minimum gebracht wurde. Wenn wir nach dem uns vorliegenden Material auch nicht im Stande sind, dem geneigten Leser im Nachfolgenden etwas Vollkommenes und Vollständiges zu geben, so möchte dasselbe immerhin zur Weiterverfolgung der betreffenden Gegenstände dienen. In Bezug auf die ungünstige Wirkung des schädlichen Raums bei Dampfmaschinen möchten wir Interessenten noch auf eine kleine Abhandlung hinweisen, die dieselbe in Formeln sowol als in praktischen Beispielen erkennen läßt,

und welche sich im J. 19, 1863, Nr. 9 abgedruckt findet. Von neueren Dampfmaschinen-Constructionen haben wir nun folgende zu erwähnen:

Taf. II. Fig. 16. 1) Die zunächst zu erwähnende Maschine ist die von Williamson und Perkins in London erbaute; sie hatte 60 Pferdestärken und solche Construction, daß sie mit einem Druck von 500 Pfund auf den Quadratzoll arbeiten und einen sehr schnellen Gang annehmen konnte. Sie enthält drei einzeln wirkende, vertikal stehende Cylinder von je 12 Zoll Kolbenschub, die in Fig. 16 im Durchschnitt gezeichnet sind. Diese Cylinder stehen alle durch einen Kreuzkopf und mittelst der Verbindungsstangen mit der Treibwelle in Verbindung. Der Dampf geht nacheinander durch die drei Cylinder, so daß der niedergehende Kolbenschub gleichzeitig durch den ersten und dritten Cylinder F und H, der aufgehende durch den mittlern Cylinder G allein bewirkt wird. Die drei Cylinder wirken also auf die Welle wie ein einziger.

Der Durchschnitt Fig. 16 zeigt die Stellung der Kolben und Ventile während des aufwärts gehenden Kolbenschubes. Nachdem der Dampf sich bei der niedergehenden Kolbenbewegung oberhalb des Kolbens des ersten Cylinders F von 6 Zoll Durchmesser expandirt hat, geht er in Folge der Oeffnung des Ventiles m unter den Kolben des zweiten Cylinders G von 15 Zoll Durchmesser, und zugleich unter den ersten Kolben. Beim aufwärtsgehenden oder Arbeitsschub des zweiten Kolbens ist also der erste im Gleichgewicht, und der Dampf expandirt sich im zweiten Cylinder auf die 6fache Oberfläche. Alsdann schließt sich das Ventil m zwischen diesen beiden Cylindern und läßt die Verbindung zwischen ihren beiden Untertheilen frei, während der erste Cylinder F durch das Dampfventil n frischen Dampf empfängt. Zugleich hebt sich das Veneil p zwischen dem zweiten und dritten Cylinder, und läßt den Dampf über beide Kolben treten, wodurch der zweite Kolben im Gleichgewicht bleibt, und der dritte abwärts getrieben wird. Beim Niedergang ist also der gleiche Dampfdruck im oberen Theile des dritten Cylinders H, an beiden Enden des Cylinders G und am Boden des ersten F. Der Untertheil von H ist in ununterbrochener Verbindung mit dem Condensatorvacuum. Der dritte Cylinder ist von gleichem Durchmesser wie der zweite, so daß zu Ende der niedergehenden Bewegung der Dampf sich auf sein 12faches Volumen expandirt hat. Am Ende derselben läßt das conische Ausströmventil v den Dampf aus dem Obertheil des zweiten und dritten Cylinders in einen Oberflächencondensator austreten, während das Ventil p zwischen dem zweiten und dritten Cylinder auf seinen Sitz niederfällt und die Verbindung zwischen dem

Boden des zweiten und dem Obertheil beider Cylinder absperrt. Die Wirkung der ganzen, mit großer Einfachheit arbeitenden Einrichtung ist also die, daß beim aufwärtsgehenden Schub der erste und dritte Kolben im Gleichgewichte sind, und der zweite Kolben über seinem oberen Theil das Vacuum hat, während beim Niedergang der zweite Kolben im Gleichgewicht ist, und der erste Kolben gegen einen Druck wirkt, welcher demjenigen des Dampfes im Obertheil des dritten Cylinders entspricht.

Um die Baumwollliederung des Dampfventils n zu schützen, welche dem höchsten Druck ausgesetzt ist, befindet sich an der Ventilkammer oberhalb des Cylinders eine vertikale gußeiserne Röhre von etwa 18 Zoll Länge, welche einen Stahlstab mit einem Daumen an seinem inneren Ende enthält, der das Ventil hebt. Der Stab füllt die Röhre beinahe aus, und alle Dampfentweichung wird durch eine Baumwollliederung in der Stopfbüchse am äußeren Ende der Röhre verhütet, welche stets kalt bleibt, da kein Dampfdurchgang durch diese Röhre stattfindet.

(J. 38, 1861, S. 325, dar. J. 2, 1862, Bd. 163, S. 241.)

2) Eine Maschine eigenthümlicher Construction zum Betriebe von Schneidemühlen, Ventilatoren u. s. w., die wir hier kurz erwähnen wollen, ist von Herrn J. Schneider in Darmstadt erbaut worden. Bei dieser Maschine ist der Dampfcylinder fest mit dem Schwungrad verbunden und dreht sich mit demselben. Die Kolbenstange wirkt vermittelst eines Bügels auf die Kurbelwarze, welche unabhängig vom Schwungrad neben demselben aufgelagert ist. Die Excentricität der Warze gegen die Schwungradwelle beträgt wie gewöhnlich den halben Kolbenhub. Die Dampfzuführung geschieht durch einen um die Axe der Schwungradwelle drehbaren Kreisschieber, welcher an die durch das Schwungrad hindurchgehenden Dampfwege durch Schrauben und Federn angedrückt wird. Der Druck ist so regulirt, daß einerseits kein Dampf seitlich entweichen kann, andererseits die Reibung auf ein Minimum beschränkt wird. Durch Verkleinerung des einen Kanals im Kreisschieber wird die Expansion hervorgebracht. Vermöge ihrer Disposition gestattet diese Maschine einen sehr raschen Gang. Hr. Schneider hat eine solche Maschine von einer Pferdestärke ausgeführt und auf einer Industrieausstellung in Cincinnati (Ohio) in Gang gesetzt; man konnte dieselbe viele hundert Umdrehungen in der Minute machen lassen, ohne Stöße wahrzunehmen. Eine derartige Maschine läßt sich daher im Verhältniß zu ihrer Leistung in sehr kleinen Dimensionen ausführen. — Nach einer anderen Anordnung dreht sich der Cylinder um eine fest aufgelagerte Axe, welche rechtwinklig gegen seine geometrische

Axe und um den halben Hub excentrisch gegen die Schwungradwelle liegt. Der Cylinder ist in diesem Falle nicht fest mit dem Schwungrad verbunden, sondern es geht nur die Kolbenstange durch eine am Schwungrad befestigte und vor demselben seitwärts herausragende Führung.

(J. 2. 1862, Bd. 163. S. 401.)

3) Die Herren Gebr. Schultz in Mainz bauen in neuester Zeit Dampfmaschinen von 12 bis 60 Pferdestärken, welche in mehrfacher Beziehung beachtungswerthe Constructionen enthalten, die wir hier im Allgemeinen erwähnen wollen. Der Cylinder dieser Maschinen ist horizontal gelagert, und der Kolben mit solcher Einrichtung versehen, daß die Abnutzung desselben, besonders auch der unteren Hälfte, sehr gering ausfällt; diesen Kolben werden wir bei den Kolben (S. 107) specieller beschreiben. Die Maschinen arbeiten mit Expansion und Condensation, und ist für letztere der Condensator und die doppelwirkende Luftpumpe dicht unter dem Cylinder gelagert, wodurch die Dampfkanäle sehr kurz und eine unmittelbare Verbindung des Cylinders mit dem Condensator hergestellt wird. Da außerdem das Mittel des Schieberkastens sehr tief liegt, so kann das im Cylinder sich bildende Condensationswasser sofort in den Condensator fließen. Sehr leicht zu untersuchen sind außerdem die Klappen der Luftpumpe, wie auch die ganze Verbindung der Maschinentheile als eine sehr einfache und solide bezeichnet werden kann. Die angegebene Quelle enthält eine ziemlich vollständige Zeichnung solch einer Maschine.

(J. 2. 1863, Bd. 167, S. 85.)

Taf. II. Fig. 17. Eine in mehrfacher Beziehung eigenthümliche Dampfmaschine ist von T. Capenter in Providence construirt worden. Der Cylinder derselben ist horizontal gelagert, die Dampfbüchse oberhalb desselben angebracht. Die eigentlichen Dampfkanäle befinden sich aber nicht an den Wandungen des Cylindermantels, sondern in den Böden des Cylinders. Fig. 17 stellt den Durchschnitt eines der Cylinderböden vor, und zwar ist daselbst b das Einlaßventil für den Dampf, der durch c aus der Dampfkammer kommt. d ist das Auslaßventil, der Auslaßschieber, der in Richtung der Cylinderachse bewegt wird. Diese Anordnung hat, wie leicht ersichtlich, den Zweck, den schädlichen Raum der Maschine auf ein Minimum zu bringen. Die Expansion dieser Maschine, durch den einen Schieber b bewerkstelligt, kann durch den Regulator derselben modificirt werden, und das Auslaßventil wird nur ganz kurze Zeit in Bewegung gesetzt. Die in unserer Quelle gegebene

perspectivische Zeichnung der Maschine läßt aber manche noch andere Eigenthümlichkeiten derselben nicht sicher erkennen.

(J. 19. 1862, Nr. 40.)

5) In der schwedischen Abtheilung auf der letzten Londoner Industrie-Ausstellung befanden sich ebenfalls zwei Maschinen eigenthümlicher Construction. Die eine, welche eine Maschine zur Anfertigung von Nägeln in Betrieb setzte, arbeitete mit oscillirendem Kolben; die andere war eine rotirende Maschine. Von beiden Maschinen befinden sich Skizzen in J. 4. 1863, S. 150. —

Weitere Literatur über Dampfmaschinen: Versuche über die ökonomischen Vortheile der Expansion v. Alban E. Stimmers, J. 4. 1862, S. 173. — Ueber denselben Gegenstand v. J. Völkers, J. 4. 1862, S. 187 u. 227. — Ueber denselben Gegenstand, J. 1. 1862, S. 179 — Neue Dampfmaschinen mit hoher Spannung von Giffard, J. 2. 1863, Bd. 167, S. 406. — Wasserhaltungsdampfmaschine für Bergwerke von A. Barclay, J. 3. 1862, S. 161. — Wörterbuch der Dampfmaschinenkunde von R. Fellmer. Pr. 1 Thlr. 18 Sgr. —

Details der Dampfmaschinen.

Band II. S. 130—152 u. S. 173.

Ohne Rücksicht darauf, ob die in Rede stehenden Details einer oder der andern Art der bereits erwähnten und noch zu erwähnenden Dampfmaschinen dienen, werden wir hier, mit Beachtung des uns vorliegenden Materials, dieselben in folgender Art gruppiren:

A. Apparate, welche den Zweck haben, den, dem wirksamen Druck entgegengesetzten Druck auf den Kolben so viel als möglich zu vermindern, Condensatoren nebst Zubehör.

B. Die Theile der Kolben-Dampfmaschinen nebst Zubehör, auf welche die Expansivkraft des Dampfes zunächst wirkt, Dampfkolben nebst Zubehör.

C. Mechanismen, welche den Zweck haben, die Dampfkessel mit den Dampfcylindern in Communication zu setzen, Ventile und Steuerungen.

D. Apparate, welche dazu dienen, die Bewegung der Dampfmaschinen gleichförmig zu erhalten, Regulatoren.

A. Condensatoren nebst Zubehör.

1) In Bezug auf die Wirkung der Oberflächen-Condensatoren, deren wir bereits Bd. II. S. 131 erwähnten, hat Herr J. P. Joule neuerlich Versuche gemacht. Zu dem Ende leitete derselbe den Dampf bei seinen Versuchen in eine Röhre, gegen deren Außenfläche ein Strom kalten Wassers wirkte. Zu diesem Zwecke war die Dampfröhre mit einer weiteren, concentrischen Röhre umgeben, und der dadurch entstehende ringförmige Raum enthielt das Wasser. Die Dampfröhre stand an ihrem unteren Ende mit einem Reservoir in Verbindung, welches zum Ansammeln des Condensationswasser diente. Ein Quecksilbermanometer zeigte die Spannung im Versuchsapparate an. Der Verf. hatte vor allem die Absicht, die Leitungsfähigkeit der Röhre unter verschiedenen Umständen zu untersuchen, und er legte hierfür die Thomson'sche Formel

$$C = \frac{w}{a} \text{ log. nat. } \frac{V}{v}$$

zu Grunde, in welcher a die Oberfläche der Röhre in Quadratfußen, w die in einer Stunde vorbeigeleitete Quantität Wasser in Pfunden, und V und v die Differenzen zwischen den Temperaturen einerseits des Raums im Innern der Dampfröhre und andererseits des Kühlwassers bei seinem Aus- und Eintritt bezeichnen. Die Versuchsresultate des Verf. im Wesentlichen folgende waren:

a) Die Spannung ist in allen Theilen des luftverdünnten Raumes nahezu dieselbe.

b) Es ist gleichgültig, in welcher Richtung gegen die des Dampfes und des Condensationswassers das Kühlwasser fließt.

c) Die Temperatur ist in allen Theilen des luftverdünnten Raumes nahezu dieselbe.

d) Der Leitungswiderstand übt seinen Einfluß beinahe nur auf die Wasserschicht aus, welche äußerlich und innerlich mit der Röhrenwand in unmittelbarer Berührung sich befindet. Das Material der Röhre, sowie ihre Wanddicke, insofern sie innerhalb der gewöhnlichen Ausführungsgrenzen liegen, sind in Bezug auf den Leitungswiderstand ziemlich gleichgültig.

e) Die Leitungsfähigkeit wächst bis zu einer Grenze mit der Geschwindigkeit, mit welcher das Kühlwasser vorbeigeführt wird.

f) Die Leitungsfähigkeit kann für ein und dasselbe Wasser-Quantum im concentrischen Raume dadurch gesteigert werden, daß man demselben vermittelst eines schraubenförmig gewundenen Drahtes eine rotirende Bewegung giebt.

Schließlich berichtet der Verf. auch über die Wirkung der at-

mosphärischen Luft als Kühlmittel. Nach seinen Versuchen ist in diesem Falle die Leitungsfähigkeit eine sehr geringe, und er gelangt zu dem Schlusse, daß die Anwendung der atmosphärischen Luft zur Condensation des Dampfes nur unter ganz besonderen Umständen möglich sei.

(J. 38. 1861, S. 324; dar. J. 3. 1862, S. 214.)

2) Weitere praktische Versuche, um die Wirkung der Oberflächen-Condensatoren zu ermitteln, wurden nach dem Scientific American mit den Wasserhaltungsdampfmaschinen der Cincinnati-Wasserwerke gemacht, indem man dieselben theils mit verschiedenen Spannungen und Expansionen, theils mit und ohne Oberflächencondensator arbeiten ließ. Jeder Versuch währte einen Tag und wurde die Leistung während desselben auf 1 Pfund Kohle reduzirt und in Pfundfußen ausgedrückt. Nachfolgende Tabelle ertheilt die gewonnenen Resultate:

Nummer des Versuchs	Füllungs-Verhältniß	Kesseldruck in Pfunden	Leistung pro 1 Pfund Kohle in Fußpfund	Condensation
1.	3/8	90	350623,38	ohne
2.	3/8	90	354652,30	mit
3.	3/8	90	352880,57	mit
4.	3/8	90	405258,09	ohne
5.	3/8	90	358383,95	mit
6.	3/8	80	326231,27	mit
7.	5/8	40	265685,63	mit
8.	3/8	115	362789,45	mit
9.	3/8	90	321975,75	mit
10.	3/8	110	362239,31	mit
11.	3/8	110	404707,68	ohne

Die hier aufgezeichneten Versuchsresultate ergeben, daß die Maschinen um so mehr zu leisten im Stande waren, je höher expandirt und mit je höherer Spannung gearbeitet wurde, daß aber der Oberflächencondensator keinen andern Nutzen gewährte, als daß man reines Speisewasser erhielt.

(J. 6. 1862, Nr. 8; dar. J. 3. 1863, S. 228.)

3) Ein Condensator eigenthümlicher Construction, der nicht zu den Oberflächen-Condensatoren zu zählen ist, wurde von dem Mechaniker W. Winter in Charlottenburg (bei Berlin) construirt und demselben in mehreren Staaten patentirt. Derselbe hat im Allgemeinen den Zweck: Tafel II. Fig. 18—20.

a) die Kaltwasserpumpe und somit auch die zur Bewegung derselben erforderliche Kraft zu ersparen,

b) das in den Kessel zu führende Speisewasser vorher zu reinigen und bis zu einer Temperatur von 60 bis 70° R. zu erwärmen, das Ansetzen des Kesselsteins zu verhüten, und die Speisepumpe gleichzeitig als Luftpumpe wirken zu lassen,

c) die Condensation des Dampfes vollkommener als mittelst der bisherigen Vorrichtungen zu bewerkstelligen und demnach die Leistung der Maschine zu erhöhen.

Fig. 18 ist ein vertikaler Durchschnitt eines solchen Apparats, Fig. 19 ein horizontaler Durchschnitt nach der Linie x y und Fig. 20 ein solcher nach der Linie vw. In diesen Ansichten ist A ein hohler cylindrischer Körper, welcher den eigentlichen Condensator bildet. Dem untern Ende dieses Cylinders schließt sich der Canal B an, welcher unter dem Kolben der Luftpumpe mündet. Mit den inneren Wänden des Condensators A ist einerseits der hohle Körper C′ C C″, andererseits der hohle Körper D D′ luftdicht verbunden. Der Canal D führt nach einem ringförmigen hohlen Raume a, welcher durch viele kleine Oeffnungen b mit dem Condensatorraum in Verbindung steht; die untere Oeffnung C′ geht in das mit einem Hahne f versehene Rohr E über, dessen in der Zeichnung nicht angegebenes Ende in einen Brunnen oder Fluß mündet. An dem oberen Ende D′ setzt sich ebenfalls ein Rohr F an, welches unter den Kolben der Speisepumpe geführt wird.

Die obere, durch einen Stutzen G gebildete Oeffnung des Condensators steht mit einem Rohre H in Verbindung, und empfängt die abgehenden, zu condensirenden Dämpfe des Dampfcylinders, welcher in der Nähe des Condensators anzubringen ist. Das Rohr J zweigt sich von dem Hauptrohre H ab, und mündet in dem bereits ausgepumpten Condensationswasser. Die Wirkungsweise des beschriebenen Apparates ist folgende:

Nachdem die Luftpumpe einige Hube gemacht hat, wird in dem inneren Raume des Condensators eine Luftverdünnung eintreten, und da derselbe durch die kleinen Oeffnungen b auch mit dem Saugrohr E in Verbindung steht, so wird der Luftdruck das Wasser in letzteres Rohr treiben, so daß ein Ausspritzen desselben durch die Oeffnungen b erfolgt. Die aus dem Dampfcylinder entweichenden Dämpfe werden dadurch in kräftiger Weise condensirt werden; auch bewirkt die Fallkraft des Wassers bis zur Luftpumpe eine schnellere Bewegung, wodurch sich für die Folge in dem Condensator ein luftverdünnter Raum erhält, der erfahrungsmäßig einen Druck von 1 Pfund per Quadratzoll nicht übersteigt; es entsteht somit eine fast vollständige Luftleere. Da auch der Raum G H mit dem Condensator in Verbindung steht, so wird auch hier das schon erwärmte Condensationswasser durch das Rohr J in das Rohr H treten, von dem Dampfe nach dem Condensator mitgerissen und dabei durch den heißen Dampf derartig erwärmt werden, daß es mit einer Temperatur von 60 bis 70° R. in das Gefäß K fließt, und hier

durch das Rohr F von der Speisepumpe aufgenommen wird. Da das Wasser von J bis G einen Theil des Dampfes verdichtet, und überdieß das Condensationswasser, welches durch das Rohr J aufgesaugt wird, reiner als gewöhnliches Brunnenwasser ist, so wird das Speisewasser sehr rein und mit den Fetttheilen des Dampfcylinders gemischt in den Kessel treten, wodurch eine Ablagerung von Kesselstein verhütet wird.

Der erste Doppelcondensator wurde in der Fabrik von G. H. Bretsch Wwe. an einer Condensations-Dampfmaschine aus der Freund-schen Fabrik in Berlin angebracht. Die Ausführung dieser Arbeit erfolgte in der Zeit von Morgens 6 Uhr bis Abends 10 Uhr. Als die Maschine wieder in Betrieb gesetzt wurde, war ihre Leistung eine bedeutend erhöhte. Dieselbe erforderte früher, wenn sämmtliche Arbeitsmaschinen und Wasserpumpen in Betrieb waren, eine Spannung von 22 Pfd. per Quadratzoll Ueberdruck als Minimum, um mit normaler Geschwindigkeit arbeiten zu können. Mit dem neuen Apparat arbeitete die Maschine dagegen bei derselben Belastung mit normaler Geschwindigkeit bei 14 Pfund Ueberdruck per Quadratzoll; so erheblich war die Triebkraft der Maschine durch die erhöhte Luftleere verstärkt worden.

Das Speisen des Dampfkessels macht durchaus keine Verstärkung des Feuers nothwendig, wie dies gewöhnlich nach dem Einpumpen des Speisewassers der Fall ist. Da nämlich das Wasser, wie schon bemerkt, eine Temperatur von 60 bis 70° R. besitzt, so erfordert selbstredend die Umwandlung desselben in Dampf wenig Brennmaterial, es stellt sich sogar eine Kohlenersparniß von 25 bis 30 Proc. heraus.

Erörtern wir schließlich noch specieller die Frage: durch welche Umstände werden die oben erwähnten Vortheile bei Anwendung des Winter'schen Condensators besonders bedingt?

Zunächst wird bekanntlich die Kaltwasserpumpe und dadurch die zu ihrer Bewegung nothwendig werdende Kraft gespart, welche bei Maschinen mit Condensation der alten Art um so mehr in Betracht kommt, als diese Pumpe nothwendig einerseits immer mehr Wasser schaffen muß, als zur eigentlichen Condensation gehört, andererseits aber auch noch für eine schlechte Condensationsmethode mehr Wasser erforderlich ist, als für eine vollkommenere. — Vollkommener wird aber bei dem in Rede stehenden Apparat die Condensationsmethode deßhalb sein, weil aller aus der Maschine strömende Dampf sofort mit sehr vielen Wasserstrahlen in Berührung gebracht wird; dieser Umstand giebt aber zugleich einen weiteren Grund für die vortheilhafte Wirkung des Apparates. —

Die sogenannte Luftpumpe kann bei Anwendung des Winter'schen Condensationsapparates bedeutend kleiner als bei den Apparaten älterer

Constructionen aus mehreren Gründen sein. Zunächst läßt sich nämlich erwarten, daß durch die hier angeordnete Einspritzmethode weniger Luft in den Condensator gezogen wird, als bei der bisherigen Anordnung, also auch weniger Luft fortzuschaffen ist. Ferner ist, wie schon erwähnt, die Condensationsmethode hier eine vollkommenere, es wird also auch weniger Wasser zu derselben gebraucht, welches die Luftpumpe fortzuschaffen hat. Endlich aber unterstützt die Speisepumpe, welche mit dem Rohre F in Verbindung steht, die Luftpumpe in ihrer Function, indem sie ja auch einen Theil des Condensationswassers nach dem Kessel fortschafft. Nach den von Herrn Winter gemachten Erfahrungen, kann bei Anwendung seines Apparates das Raumverhältniß des Dampfcylinders zu dem der Luftpumpencylinder für doppelwirkende Pumpen 1 : 20, für einfach wirkende 1 : 10 sein. — Die Gründe, weßhalb das in den Behälter K tretende Speisewasser möglichst rein und zugleich von sehr hoher Temperatur ist, sind bereits früher genügend angegeben; wir möchten hier nur noch auf die Wichtigkeit hinweisen, welche möglichst warmes Speisewasser für den Betrieb mit Dampf hat, wenn solcher zeitweise in großen Quantitäten aus dem Kessel abgelassen werden muß, wie dieß für manche Fabrikationszwecke erforderlich ist. In den zwei Färbereien, die im Besitz des Winter'schen Apparats sind, hat sich derselbe auch in Bezug hierauf vollkommen bewährt, indem es in solchen Fällen nie schwer hielt, den Dampf nach rechtzeitigem Speisen des Kessels wieder auf die normale Spannung zu bringen.

Taf. II. Fig. 21 u. 22

4) Bei Dampfmaschinen mit liegenden Cylindern und oberhalb derselben angeordneten Dampfkasten ist es von Wichtigkeit, das in den Cylindern sich bildende Condensationswasser in solcher Weise abzuleiten, daß dadurch keine Dampfverluste herbeigeführt werden. Ist mit jedem Ende eines solchen Cylinders ein gewöhnlicher Ablaßhahn verbunden, der fast immer geöffnet gehalten werden muß, so tritt einerseits, wie leicht ersichtlich, immer ein Dampfverlust ein, wenn der Hahn mit der Arbeitsseite des Kolbens in Verbindung ist, und andernseits eine Vermehrung des Gegendrucks auf den Kolben, wenn die Maschine mit Condensation arbeitet. Bei Condensationsmaschinen führen also gewöhnliche Hähne aus doppeltem Grunde schädliche Verluste herbei, und wird sich für diese der im Nachfolgenden beschriebene Apparat, der in der Fabrik von Schäffer & Buddenberg in Magdeburg hergestellt wird, bestens empfohlen.

Fig. 21 zeigt einen Längendurchschnitt und Fig. 22 einen Querdurchschnitt, nach der Linie v w, des betreffenden Apparates, welcher der Hauptsache nach aus einem Doppelventil besteht. Das Ende A desselben

ist mit dem einem, das B mit dem andern Ende des Cylinders zu verbinden, wogegen der Rohrstutzen C bei Condensationsmaschinen mit dem Condensator in Verbindung zu bringen ist. Das Doppelventil D D′ hat die Einrichtung, daß es entweder die Communication von A mit C oder die von B mit C herstellt, je nachdem nämlich entweder A oder B mit der Arbeitsseite des Kolbens in Verbindung steht. Ist z. B. A mit der Arbeitsseite des Kolbens in Verbindung, B also mit dem Condensator oder der Atmosphäre in Communication, so wird, wegen des stärkeren Drucks auf D, die Verbindung zwischen A und C aufgehoben, die zwischen B und C dagegen geöffnet, so daß das Condensationswasser aus C treten kann; das Umgekehrte tritt ein, wenn B mit der Arbeitsseite des Kolbens in Verbindung tritt; dann wird nämlich das Condensationswasser von der Seite A durch C treten können. — Nach den Erfahrungen des Herrn Maschinendirector Haenel in Magdeburg bewirkt die Anwendung dieses Doppelventils noch den Vortheil, daß sich die Cylinderdichtungen und Stopfbüchsen besser halten.

(J. 4. 1860, S. 36 u. 1862, S. 389.)

B. Dampfkolben und Zubehör.

Zu den, bereits im vorigen Bande erwähnten Bestrebungen in Bezug auf die vortheilhafte Kolbenconstruction, nämlich den nach möglichster Einfachheit, leichter Verstellbarkeit und Verminderung der Reibung, haben sich in neuester Zeit noch die gesellt, Kolben für hochgespannte Dämpfe und liegende Cylinder zu construiren. Im Nachfolgenden wollen wir dem Leser die erwähnenswerthesten Constructionen zugleich mit der Bemerkung über ein neues Packmaterial für Stopfbüchsen vorführen.

1) Als Kolben, welcher wie der von Krauß (Bd. II. S. 136.) die Aufgabe erfüllen soll, seine Spannung gemäß der ihn bewegenden Dampfspannung zu verändern, ist neuerlich einer von Scoville construirt worden. Fig. 23 auf Taf. II zeigt eine Ansicht desselben nach Fortnahme des Deckels, und Fig. 24 einen Durchschnitt nach der Linie xy. Die Kolbenliederung besteht aus zwei schräg aufgeschnittenen Ringen a, innerhalb welcher ein doppelt so breiter, ebenfalls aufgeschnittener federnder Gußeisenring b eingelegt ist. Die Schnitte sämmtlicher Ringe sind wie gewöhnlich gegen einander versetzt. Ein dritter Ring c ist außerdem noch in das Innere des Kolbens eingelegt; derselbe ist in seiner Höhendimension so abgemessen, daß er zwischen dem Kolbenboden und Deckel etwas Spielraum hat, und in vier Führungen in der Achsenrichtung des Cylinders sich bewegen kann. Der Kol-

Tafel II. Fig. 23 u. 24

bendeckel und Boden sind noch an ihren Umfängen mit Einschnitten n und außerdem mit kleinen Oeffnungen versehn, welche in der Gegend der Rippen von c sich befinden. — Tritt nun Dampf in der Richtung des Pfeils (Fig. 24) auf die eine Seite des Kolbens, so werden sowol der Ring c als die Liederungsringe gegen den Kolbenboden gedrückt, wodurch der Dampf in das Innere des Kolbens treten kann, so daß die Liederungsringe von außen und innen gleichen Druck erfahren. Dasselbe wird eintreten, wenn der Dampf von der entgegengesetzten Seite des Kolbens zutritt. Selbstverständlich müssen die Liederungsringe für sich solche Spannung erhalten, welche zur Dichtung für den Fall, daß auf beiden Seiten des Kolbens gleicher Druck herrscht, nothwendig ist.

(J. 19, 1863, Nr. 5.)

2) Für trockene heiße Gase oder überhitzte Dämpfe will, nach der unten bezeichneten Quelle, Joule Kolben mit Vortheil angewandt haben, die keine eigentlich gespannte Linderung haben, sondern lediglich aus einem festen Cylinder bestehen, der verhältnißmäßig große Länge hat und in dem hohlen Cylinder sich leicht bewegen läßt. Er empfiehlt dazu, den Kolben zum größten Theil hohl zu machen, und die Lenkstange im Innern desselben anzubringen, wobei dann eine Führung des Kolbens überflüssig wird. Solche Kolben wurden nach den uns vorliegenden Angaben von Herrn Joule für eine Compressionsluftpumpe mit zwei Stiefeln angewendet. Jeder Stiefel hatte 20 Zoll Länge und 2 Zoll lichten Durchmesser. Die eisernen Kolben hatten dagegen eine Länge von 10 Zoll und waren so eingepaßt, daß sie sich eben mit Leichtigkeit in den Cylindern bewegen ließen. Mit dieser Pumpe soll die Luft bis auf 16 Atmosphären verdichtet werden können, und die Verluste sich nur unbedeutend erwiesen haben.

(J. 19. 1863, Nr. 16.)

Taf. II. Fig. 25 u. 26. 3) Unter dem Namen „schwedische Kolben" ist in neuester Zeit eine Kolbenconstruktion sehr verbreitet, die sich sowol durch Einfachheit vortheilhaft auszeichnet, als auch besonders für liegende Cylinder sehr geeignet ist, da sie das Gewicht des Kolbens aufhebt. — Fig. 25 zeigt den vertikalen Durchschnitt solch eines Kolbens und Fig. 26 die Seitenansicht eines Liederungsringes. Nach der ersten Figur enthält der Kolben zwei Liederungsringe ohne irgend welche Spannvorrichtung. Die Nuthen für diese Ringe sind aber nicht concentrisch, sondern so ausgedreht, daß unten, bei A, der Kolbenkörper auf den Ringen ruht, wogegen in höher liegenden Theilen, wie auch bei B zu sehn, ein Spielraum zwischen Liederungsring und Kolbenausdrehung gelassen wird. Außerdem haben auch die Liederungsringe nicht überall gleiche Stärke,

wie Fig. 25 dies erkennen läßt. Wie aus dem Erwähnten hervorgehen wird, werden die Liederungsringe das Bestreben haben, den Kolben zu heben, und durch geeignete Verhältnisse der betreffenden Theile so das ganze Gewicht des Kolbens für die Reibung unschädlich gemacht werden können.

(J. 15. 1862, S. 38; dar. J. 2. 1862, Bd. 165, S. 411.)

4) Ein Dampfkolben eigenthümlicher Construction, der ebenfalls den Zweck hat, das Eigengewicht des Kolbens bei liegenden Maschinen aufzuheben, ist von Herrn Schultz in Mainz construirt worden. Fig. 1 auf Taf. III. zeigt einen vertikalen Durchschnitt desselben. A ist der Hauptkörper des Kolben, in dem auch die Kolbenstange befestigt ist. B und C sind die Deckel, welche die Liederungsringe b und c mit dem Kolben verbinden; diese können übrigens durch die Spannringe n und m in gewöhnlicher Weise gespannt werden. Wie nun die Zeichnung ergiebt, stehen aber die Mittelebenen der Linderungsringe b und c nicht normal auf der Achse des Kolben, sondern schief. Um dies zur Benutzung zu bringen, sind die Kolbendeckel, da wo sie mit den Liederungsringen zusammentreffen, mit ringsumlaufenden Nuthen s versehen, die mit Längsnuthen in denselben correspondiren. Drückt nun der Dampf auf den Kolben in der angegebenen Pfeilrichtung, so übt er auch einen Druck auf die freistehende Kante des Liederungsringes b aus und zerlegt sich dabei in zwei Drucke, von welchen der eine in der Achsenrichtung, der andere dagegen normal auf die Achse wirkt; letzterer hat nun die Aufgabe, das Gewicht des Kolbens aufzuheben. Taf. III. Fig. 1.

(J. 2. 1862, Bd. 165, S. 413.)

5) Als Packmaterial für die Stopfbüchsen von Dampfmaschinen wurde bisher bekanntlich ausschließlich Hanf oder Flachs benutzt, wozu die erwähnten Materialien entweder jedes für sich allein oder im Gemisch zu Zöpfen oder Flechten verarbeitet wurden. Die schnelle Abnutzung, das Nothwendigwerden des öfteren Nachziehens solcher Packungen hat die Gummiwaaren-Fabrik von W. Unger in Berlin veranlaßt, ein anderes Packmaterial für Stopfbüchsen herzustellen, das sich den Erfahrungen des Technikers Herrn Jacobi gegenüber, sowol dauerhafter als auch für den Betrieb einfacher als die bisher angewandten Hanf-, resp. Flachszöpfe erwiesen hat.

Der erste Versuch mit diesem Packmaterial wurde an einer liegenden Wasserhaltungsdampfmaschine von 20 Pferdestärken, die mit 20 Pfd. Ueberdruck Tag und Nacht arbeitete und 14—15 Umdrehungen per Minute machte, gemacht. Die zwei an derselben befindlichen Stopfbüchsen, welche mit dem neuen Packmaterial — das aus Segeltuch und

vulkanisirtem Kautschuk besteht — versehn wurden, mußten allerdings in den ersten Tagen einige Male nachgezogen und nach circa 8 Tagen etwas nachgepackt werden, bewährten sich dann aber in Bezug auf Dichtigkeit so ausgezeichnet, daß ein weiteres Nachziehen nur in immer größeren Zwischenräumen erforderlich wurde, und nach circa zwei Monaten ganz unterbleiben konnte. Nach dem Urtheil des Herrn Jacobi möchte die Dauer dieser Packung auf 4—6 Monate anzuschlagen sein, wonach sich dieselbe auch in Bezug auf Billigkeit empfehlen möchte, da der Anschaffungspreis etwa doppelt, die Dauer aber vier- bis fünfmal so groß als die von Hanfzöpfen ist.

(J. 2. 1863, Bd. 168, S. 1.)

C. Steuerungen für Dampfmaschinen.

Die Steuerungen der Dampfmaschinen, als die Mechanismen, welche den Zweck haben, den Dampfkessel zeitweise mit dem Cylinder in Communication zu bringen, haben wie immer, auch in letzter Zeit den Erfindungsgeist in Thätigkeit gesetzt, einerseits um möglichst einfache Schieber, innere Steuerungen, nach ganz neuen Prinzipien zu construiren, andererseits Bewegungsmechanismen ins Werk zu setzen, welche vollkommener als bisher ihre Functionen zu verrichten im Stande sind. Die beachtungswerthen Constructionen wollen wir im Nachfolgenden zur Erörterung bringen.

Taf. III. Fig. 2. 1) Dampfschieber von dem Maschinisten Allen in New-York. — Derselbe ist mit Rücksicht darauf construirt, daß das Oeffnen und Schließen der Dampfeinströmungsöffnungen schneller als bei den bisherigen Schiebern von Statten geht; Fig. 2 auf Taf. III zeigt den Längendurchschnitt eines derartigen Schiebers, gleichzeitig mit solchen Verhältnissen, daß er durch entsprechende Deckung als Expansionsschieber, mit $^2/_3$ Expansion zu wirken im Stande ist.

Das Einströmen des Dampfes findet durch A und B, das Ausströmen desselben durch C statt, und es ist noch ein besonderer Canal M N angebracht, um das Einströmen der nöthigen Dampfmenge durch Eröffnung von Ergänzungs-Dampfwegen zu beschleunigen. Wenn der Schieber sich nämlich von der Rechten nach der Linken bewegt, so beginnt die Admission wie bei den gewöhnlichen Schiebern, sobald die Kante a die Kante b passirt hat, indem der Dampf dann ungehindert in den Weg A eintritt; zu gleicher Zeit hat aber die Kante n die Kante p überschritten, und es dringt auch alsbald Dampf durch diese Oeffnung N in den Ergänzungsdampfweg, und von da durch die andere Oeffnung M in den Einströmungskanal A ein. Die Einrichtung ist dergestalt

getroffen, daß während der ganzen Admissionsdauer ebensoviel Dampf einströmt, als wenn die gewöhnliche Oeffnung von doppelter Breite wäre, was für eine bessere Ausnutzung des Dampfes von großer Wichtigkeit ist. (J. 44. t. III. p. 120; Dar. J. 2. 1863, Bd. 167. S. 321.)

2) Entlastete Schieber. — Ehe wir zur specielleren Erwähnung einiger neuerlich construirter entlasteter Schieber — deren wir in den vorhergehenden Bänden bereits viele erwähnten — gehen, sei auf eine veränderte Construktion von keilförmigen Schiebern hingewiesen, die in neuester Zeit vielfältig von Lencauchez und Pouyet in Paris ausgeführt worden. (J. 27. 1862, S. 300 u. J. 1862. S. 1459.) Dieselben unterscheiden sich von den bisherigen Schiebern der Art, die zuerst von den Gebrüdern Mazaline in Havre angegeben wurden, daß sie mit Meyer'schen Expansionen eingerichtet und dadurch noch vollkommener gemacht worden sind. — Von entlasteten Schiebern ganz neuer Construction erwähnen wir folgende:

Der Entlastungsschieber von Meyer in Hannover, der im Längendurchschnitt in Fig. 3 dargestellt ist, ist von solcher Einrichtung, daß der frische Dampf nicht aus dem Schieberkasten, sondern von der Oeffnung a aus durch b oder c nach dem Cylinder tritt, während der abgehende Dampf von b oder c aus nach dem Schieberkasten und von hier in's Freie oder den Condensator tritt. Der frische Dampf wird bei dieser Anordnung das Bestreben haben, den Schieber A von seiner Bahn abzuheben, diesem entgegen ist oberhalb desselben die Federstütze d angeordnet, die durch die verstellbare Feder f abwärts gedrückt wird. Der Druck von d auf den Schieber wird dabei zunächst auf das kreissegmentartig geformte Stück n übertragen, welches mit dem Schieber drehbar verbunden ist. — Für Maschinen mit Umsteuerung möchte sich die Construction aus leicht zu ersehenden Gründen nicht wohl eignen. Taf. III. Fig. 3.

Bei dem Entlastungsschieber von Alex. Lindner läuft die Rückenfläche des Schiebers, wie Fig. 4 zeigt, in einen möglichst großen Hohlcylinder aus, in welchen eine Scheibe dampfdicht eingesetzt ist. Die Dichtung besteht aus zwei oder drei kleinen Metallringen nach Art der bekannten Ramsbottom'schen Kolbenringe. Im Ausströmungscanal befindet sich eine Bahn für den Radsector a, die entweder angeschraubt oder im Gußkörper selbst gebildet ist. Das Bahnstück hat in der Mitte eine quadratische oder runde Oeffnung zur Aufnahme eines Zahnes, der den Sector in der mittleren Lage erhält und vor zufälliger Verrückung sichert. Der Sector selbst geht oben in eine 6 bis 9 Zoll lange Schneide aus, welche in einem Lager von Metall oder Stahl ruht. An den Schieberrahmen sind zu beiden Seiten Stücke ange- Taf. III. Fig. 4.

schweißt, welche den Zweck haben, die Scheibe niederzuhalten und vor dem Heraustreten aus der Führung zu schützen, wenn Gegendampf gegeben wird.

Unter dem Drucke des Dampfes legt sich die Scheibe auf die Schneide des Radsectors, und dieser unten auf das Bahnstück. Während der Bewegung entsteht oben die Reibung an der Schneide, ähnlich derjenigen bei großen Brückenwagen, und unten eine rollende Reibung. Beide Widerstände sind im Verhältniß zu der gleitenden Reibung, die sie beseitigen, verschwindend klein, und erklärt sich hieraus die bei Locomotiven bereits nachgewiesene Erhöhung des Nutzeffects.

(Z. 15. 1862, S. 94; dar. J. 3. 1862, S. 1270.)

Taf. III. Fig. 5 u. 6. 3) Corliß' Expansionssteuerungen. — Die Buckauer Maschinenfabrik der Hamburg-Magdeburger Dampfschiffscompagnie hatte auf der letzten Londoner Ausstellung eine aus Amerika eingeführte Dampfmaschine ausgestellt, die mit Corliß' Expansionssteuerung versehen war. Der Ausstellungs-Catalog sagt von dieser Maschine: „Sie zeichnet sich besonders gegen die gewöhnlichen Dampfmaschinen dadurch aus, daß sie bedeutend weniger Brennmaterial verbraucht und einen normalen, unter den verschiedensten Belastungen sich gleichbleibenden Gang hat. Sie übertrifft wegen dieser Eigenschaften die bisher bekannten besten Constructionen, selbst die Woolf'sche. Diese Vortheile werden durch eine ausgezeichnet gute, mathematisch richtige Steuerung erreicht, welche dem Dampf einen ungehinderten Eintritt in den Cylinder und einen freien Austritt gestattet. Die Regulirung des Dampfes geschieht durch vier getrennte, direct an den Ein- und Austrittsöffnungen sich befindende Kreisschieber, wodurch einmal der sonst verlorene Raum in den langen Dampfcanälen vermieden wird u. s. w."

Herr M. Froning hat über die erwähnte Maschine in der angegebenen Quelle Bericht erstattet und Skizzen, Fig. 5 u. 6, entworfen, mit deren Hülfe wir die Steuerung veranschaulichen wollen. — Eine kreisförmige Scheibe f trägt vier Warzen, welche durch Zugstangen die vier Kreisschieber bewegen, die beiden unteren für den Auslaß, die beiden oberen für den Einlaß des Dampfes. Der Regulator verschiebt durch einen Winkelhebel eine in zwei Augen a, a geführte Stange s, welche zwei keilförmige Stücke b, b trägt; diese bestimmen wiederum die Stellung zweier Stäbchen c, c, welche sich zwischen jenen Keilstücken und den flachen Zugstangen d, d befinden. Die Zugstangen werden je nach dem mehr oder weniger tiefen Stande der Stäbchen früher oder später während der Bewegung gegen dieselben gedrückt, wodurch die Feder des Zugstangenkopfes gehoben, der Hebel e des Kreisschiebers ausgerückt und der

Kreisschieber durch das Gegengewicht geschlossen wird. Die Maschine erhält demnach genau so viel Dampf, als sie zur augenblicklichen Leistung bedarf, da die Regulirung bei jedem Hube stattfindet. (J. 4. 1863, S. 151.)

4) Schleifbogenumsteuerung für variable Expansion. — Der Ingenieur Pius Fink hat neuerlich eine Umsteuerung für variable Expansion angegeben und bereits mehrfach ausgeführt, welche zu den Schleifbogenumsteuerungen gehört, und die sich gegen andere Constructionen dadurch vortheilhaft auszeichnet, daß zu derselben nur ein Excentrik erforderlich ist. Fig. 7 auf Taf. III stellt eine Variante derselben dar, wonach die Zusammensetzung folgende ist: Taf. III. Fig 7 u. 8.

A ist die Kurbelaxe der Maschine. B das Steuerungsexcentrik, welches mit seinem Mittelpunkte um 180° gegen die Kurbel aufgesteckt ist. C ist der Schleifbogen, welcher mit dem Excentrikringe aus einem Stücke besteht. Er ist mit der Krümmung gegen den Schieber gestellt, und nach einem Halbmesser gleich der Schiebertreibstange gekrümmt. Excentrikring und Schleifbogen schwingen um einen Punkt a, welcher in dem Schleifemittel oder sehr nahe hinter demselben liegt. Der Punkt a selbst soll in der Richtung der Schieberbewegung gerade geführt werden. Dies kann jedoch besser durch eine Bogenbewegung ersetzt werden. In diesem Falle wird die Schleife wie gewöhnlich an einen Fixpunkt b angehängt, und zwar so, daß die Hänge- oder Strebeschiene in ihrer mittleren Stellung auf der Richtung der Schieberbewegung senkrecht steht. Die Schiebertreibstange wird durch einen gewöhnlichen Reversionsmechanismus gehoben und gesenkt.

Das Wesen der Wirkungsweise dieser Steuerung besteht nun darin, daß nicht nur die horizontale Bewegung des Excentriks unmittelbar, sondern auch die verticale gewissermaßen durch einen Winkelhebel dem Schleifbogen mitgetheilt wird. Es werden also die zwei senkrechten Sinus-Bewegungen des Excentriks gleichzeitig wirksam gemacht und zwar subtractiv, so daß die Schleife eine Bewegung annimmt, als wenn sie durch zwei abgesonderte Excentriks geführt würde.

Für stabile Betriebsmaschinen, welche nur nach einer Richtung laufen, kann man die eine Hälfte des Schleifbogens einfach fortlassen, und es gestaltet sich dann die ganze Einrichtung besonders einfach. Fig. 8 zeigt eine Construction, wie sie für eine Maschine der kaiserlichen Werkstätten in Pola ausgeführt wurde. Die Coulisse nimmt die Form eines Schnabels an, und kann sehr einfach an dem geeigneten Punkte aufgehängt werden. Der Gleitbacken wird dort mittelst einer Klemmschraube in der Coulisse festgestellt, und wird mit der Hand verschoben. Die Füllungen variiren zwischen $^1/_3$ und $^5/_6$ des Hubes.

Die angegebene Quelle giebt übrigens auch noch die bezügliche Theorie, mit Rücksicht auf das Zeuner'sche Werk „die Schiebersteuerungen" an.

(J. 15. 1862, S. 145; dar. J. 3. 1862, S. 1404.)

5) Zum Abrichten der Schieberflächen an Dampfmaschinen, besonders Locomotiven, hat der Maschinenmeister F. W. Eichholz zu Stargard eine Vorrichtung construirt und für Locomotiven bereits vielfach in Anwendung gebracht, welche sich dadurch empfiehlt, daß die erwähnte Bearbeitung geschehen kann, ohne den Dampfcylinder von seiner Befestigungsstelle entfernen zu müssen. Im Allgemeinen besteht diese Vorrichtung aus einer Planfraiseſcheibe, deren Drehachse normal auf der zu bearbeitenden Schieberfläche steht, und die durch Rädervorgelege und Riemscheibe in Umdrehung gesetzt werden kann. Die Lager dieser Fraise befinden sich an einem Stücke, das mit zwei Körpern in Verbindung gebracht ist, die sich in Ebenen, die parallel der Schieberfläche, rechtwinklig auf einander bewegen lassen; der eine dieser Körper kann zugleich mit dem Schieberkasten in feste Verbindung gebracht werden. Unsere Quelle enthält detaillirte Zeichnungen solcher Vorrichtungen für Locomotiven von verschiedener Construction.

(J. 4. 1862, S. 599.)

D. Regulatoren.

Nachdem wir uns über den Zweck der Regulatoren so wie über die Mängel der gewöhnlich zur Anwendung kommenden Watt'schen Regulatoren in den früheren Bänden hinreichend ausgesprochen und Beispiele von verbesserten Regulatoren in großer Zahl geliefert haben, wollen wir im Nachfolgenden die der neuesten Zeit angehörenden Verbesserungen der Art dem Leser vorführen. Interessenten machen wir zuvor noch auf eine Abhandlung über Regulatoren aufmerksam, die von Herrn Prof. Releaux herrührt und die sich in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure Bd. V, S. 60 abgedruckt findet.

Taf. III. Fig. 9 u. 10. 1) Porter's Schwungkugel-Regulator, mit welchem mehrere Locomobilen auf der letzten Londoner Ausstellung versehen waren, unterscheidet sich von dem Watt'schen Regulator besonders dadurch, daß derselbe mit einem Gegengewicht versehen ist, welches auf der Drehachse desselben bewegbar ist, und den Apparat empfindlicher macht. Fig. 9 zeigt eine Ansicht des Regulators. A ist die Drehaxe; B und B' die Regulatorkugeln, die um ein und dieselbe Drehaxe schwingen; C das auf der Welle befindliche Gegengewicht, das einerseits durch die an ihrem Ende gabelförmig gestalteteten Stangen a' und a,

mit den Schwungkugeln, andernseits an seinem untern Ende mit der Drosselklappe in Verbindung gesetzt ist.

Um die Vortheile des Gegengewichts nachzuweisen, sei zunächst, nach Fig. 10, p das Gewicht der Kugeln und F die Centrifugalkraft derselben, während ihr Abstand von der Drehachse r, ihre Höhe h und ihre Winkelgeschwindigkeit w angenommen wird. Man hat dann die zwei Gleichungen:

$$Fh = pr \text{ und } F = \frac{p}{g} w^2 r,$$

aus welchen in bekannter Weise hervorgeht:

$$w^2 = \frac{gF}{pr} = \frac{g}{pr} \cdot \frac{pr}{h} = \frac{g}{h}.$$

Wird die Bewegung beschleunigt, so streben die Kugeln sich aus ihrer anfänglichen Lage zu entfernen; damit sie diesem Bestreben folgen und sich erheben können, muß aber die von der Maschine entwickelte Kraft so groß sein, daß der passive Widerstand des Muffs, welchen wir mit R bezeichnen wollen, überwunden wird. Der Regulator wird nun unempfindlich bleiben, d. h. die Kugeln werden sich nicht erheben, bis die Winkelgeschwindigkeit w' geworden ist, und bis in Folge dieser Geschwindigkeit die neue Centrifugalkraft F', welche größer als F ist, die vereinigten Widerstände des Gewichts p und des Muffes R überwinden kann. Bis zur Ueberwindung der erwähnten Widerstände sind h und r unverändert geblieben, und man hat:

$$F' h = (p + R) r \text{ und } F' = \frac{p}{g} w'^2 r,$$

woraus wie oben folgt:

$$w'^2 = \frac{gF'}{pr} = \frac{g}{pr} \cdot \frac{(p+R)r}{h} = \frac{g}{p} \cdot \frac{p+R}{p}$$

Aus der Vergleichung von w' und w folgt:

$$\frac{w'^2}{w^2} = \frac{p+R}{p} = 1 + \frac{R}{p}$$

und weiter, daß die Empfindlichkeit solch eines Regulators mit dem Gewichte p wachsen wird.

Für einen Regulator mit Porter's Gegengewicht läßt sich die obige Entwickelung in derselben Weise machen, nur darf man für das Gegengewicht P, das mit den Kugeln verbunden ist, nicht die Centrifugalkraft in Rechnung bringen. Man erhält:

$$F h = (p + P) r \text{ und } F = \frac{p}{g} w^2 r,$$

und hieraus:

$$w^2 = \frac{g}{pr} \cdot F = \frac{g}{pr}(p + P)\frac{r}{h} = \frac{g}{h} \cdot \frac{p + P}{p}.$$

Ebenso für eine Winkelgeschwindigkeit w':

$$F' h = (p + P + R) r \text{ und } F' = \frac{p}{g} w'^2 r,$$

und hieraus:

$$w'^2 = \frac{g}{pr} F' = \frac{g}{pr}(p + P + R)\frac{r}{h} = \frac{g}{h} \cdot \frac{p + P + R}{p}$$

und endlich:

$$\frac{w'^2}{w^2} = \frac{p + P + R}{p + R} = 1 + \frac{R}{p + P}$$

also eine Vergrößerung von p um P, ohne die übrigen Constructionstheile wie Stangen, Bolzen u. s. w., besonders stark machen zu müssen. —
(J. 44. t. III. p. 120; dar. J. 2. 1863, S. 167, S. 323.)

2) Von solchen Regulatoren, bei denen die Centrifugalkraft eines flüssigen Körpers die Regulation bewerkstelligt, haben wir zwei zu erwähnen, die aber — den bereits bekannten Regulatoren gegenüber — wenig Aussicht darauf haben, in die Praxis eingeführt zu werden. — Der eine, von L. Grosjean construirt (J. 2. 1862, Bd. 165, S. 7), besteht der Hauptsache nach, aus einer vertikalen, von der Maschine bewegten Welle, welche an ihrem obern Theil mit einem Gefäß verbunden ist, in welchem sich Quecksilber befindet. In diesem Gefäße und auf derselben Welle spielt ein Schwimmer, welcher der Drehbewegung der Welle folgen muß und sich außerdem in der Achsenrichtung derselben bewegen kann. Bei Rotation der Welle wird das Quecksilber im Gefäße eine parabolische Form annehmen wollen, die mit der Geschwindigkeit der Welle sich ändern wird. Der Schwimmer wird seine Lage auf der Welle deshalb ebenfalls ändern und da er mit der Drosselklappe in Verbindung steht, auch die Lage der letztern modifiziren. — Bei dem von Bourdon construirten Regulator, der sich auch auf der letzten Londoner Ausstellung befand, hält eine eigenthümlich construirte Centrifugalpumpe, die von der Maschine in Umdrehung gesetzt wird, eine Wassersäule auf gewisser, von der Umdrehungsgeschwindigkeit abhängigen Höhe. Auf der Wassersäule ist ein Schwimmer angeordnet, der seine Höhe mit der Geschwindigkeit der Centrifugalpumpe ändert. Dieser Schwimmer regulirt die Drosselklappe.
(J. 27. 1862, S. 113; dar. J. 2. 1862, Bd. 166, S. 241.)

Weitere Literatur über Details der Dampfmaschinen: Verbindung der Ofenflächen-Condensation mit Einspritzcondensator. J. 3. 1862, S. 1133. — Vorwärmer für das Speisewasser bei Expansionsdampfmaschinen, J. 3, 1862, S. 1134. — Ueber eine Veränderung des Watt'schen Parallelogramms v. Jacobi, J. 2. 1862, Bd. 163,

S. 403. — Entlasteter Schieber von Shlaltenbrand, J. 2. 1862, Bd. 165, S. 330 — Steuerung zum Umkehren der Bewegung von Nasmyt, besonders für Schiffsmaschinen u. Locomotiven, J. 2. 1863, Bd. 167, S. 251. — Steuerung zur Verwendung des von Hochdruckmaschinen entweichenden Dampfes v. Watzka, J. 2. 1863, Bd. 168, S. 2. — Steuerung für Dampfmaschinen ohne rotirende Bewegung, von Camp in London, J. 3, 1863, Seite 514. — Verbesserter Regulator für Schiffsmaschinen v. Weir, J. 2. 1862, Bd. 164, S. 258. — Dampfdruck-Regulator von Tulpin, J. 19. 1862, Nr. 50, — Regulator für besondere Arbeitsmaschinen von Schalbe & Sohn, J. 3. 1862, S. 625. — Zeuner, die Schiebersteuerungen. 2. Aufl. mit Holzschnitten u. 5 Tafeln, Pr. 1 Thlr. 20 Sgr.

Transportable, locomobile und locomotive Dampfmaschinen.

Das Bedürfniß, Dampfkraft locomobil zu machen, ist in neuester Zeit um so mehr hervorgetreten, als einerseits die Anwendung der Maschinen sowohl in der Landwirthschaft als in den kleinen Gewerben bedeutend zugenommen, andernseits sich die Erwartungen, die man beim neuerlichen Auftreten der calorischen Maschinen hegte, nicht in Erfüllung gegangen sind. Dies wol auch der Grund, daß auf der letzten Londoner Industrie-Ausstellung dies Feld des Maschinenbaus so reich vertreten war, daß diese Ausstellung wohl geeignet erschien, von dem gegenwärtigen Standpunkt dieser Maschinen ein treffliches Bild zu liefern. Neben den bisherigen, bereits allgemein bekannten transportabeln und locomobilen Dampfmaschinen, sah man dort auch noch solche Maschinen, welche sich selbst fortzubewegen im Stande sind. War nämlich bei den Locomobilen lediglich die Anforderung gestellt, daß sie sich leicht von einem Orte zum andern transportiren lassen, so machte man später noch die Anforderung, daß diese Transportation von der Maschine selbst verrichtet werden kann, während dieselbe, nach ihrer Arbeitsstelle gebracht, wieder zur Bewegung von Arbeitsmaschinen benutzt werden kann. Die glückliche Ausführung solcher Maschinen im Zusammenhange mit der Zunahme des Verkehrs, der nöthig werdenden Transportation von Personen und Gütern, führte endlich weiter zur Ausführung von solchen Maschinen, die lediglich den Zweck hatten, Personen und Güter auf gewöhnlichen Straßen fortzubewegen. Die Construction der beiden letzterwähnten Maschinenarten muß offenbar in der Hauptsache ziemlich gleich sein, und wollen wir sie hier deshalb zum Unterschiede

von den Locomobilen und Locomotiven „locomotive Dampfmaschinen“ nennen.

Alle die hier erwähnten Maschinen waren, wie schon erwähnt, auf der letzten Industrie-Ausstellung von allen Nationen, die im Maschinenbaufach eine Rolle spielen, und in großer Anzahl vertreten. Wir wollen deshalb, um dem Leser einen Ueberblick von dem zu geben, was man in diesem Fache bereits geleistet hat, unsere Betrachtungen hauptsächlich an solche Maschinen anknüpfen, die auf der Ausstellung sich befanden und von renommirten Fabriken herrührten. Da die Hauptheile der hier in Rede stehenden Dampfmaschinen nicht so gesondert wie bei stationären Maschinen auftreten, vielmehr die einen durch die andern Theile bedingt werden, so sind wir genöthigt, alle Skizzen und Beschreibungen dieser Maschinen im Zusammenhange mit ihren Haupttheilen zu geben. Im Nachfolgenden werden wir nun gesondert vorführen:

A. Transportable Dampfmaschinen.

B. Locomobile Dampfmaschinen.

C. Locomotive Dampfmaschinen.

Als uns speciell zu Gebote stehende Quelle für solche Maschinen, die auf der Ausstellung sich befanden, werden wir uns der „Skizzen aus der allgemeinen Londoner Industrie-Ausstellung im Jahre 1862“ von Max Eyth bedienen, die sich in Bd. 165 und 166 des Dingler'schen Journals befinden.

A. Transportable Dampfmaschinen.

Die transportabeln Dampfmaschinen waren auf der Londoner Ausstellung in weniger Exemplaren vertreten, als die Locomobilen, was seinen Grund wohl darin haben mag, daß letztere Maschinen in allen Fällen erstere vertreten, aber Locomobilen nicht durch transportable Maschinen ersetzt werden können. Die empfehlenswerthesten Constructionen theilen wir im Nachfolgenden mit:

Taf. III. Fig. 11 u. 12. 1) Maschine von T. M. Tennant & Comp. in Edinburg Leith. Dieselbe ist in den Figg. 11 u. 12 in zwei leicht erkennbaren Ansichten skizzirt und darnach wie folgt zusammengesetzt. Der Kessel ist ein einfacher, auf einem gußeisernen Aufsatze stehender Cylinder, der über dem geräumigen Roste unten eine cylindrische Feuerbüchse von 40 Centimeter Höhe enthält, aus welcher 60 Röhren von 5 Centimeter Durchmesser nach oben führen, wo sich die Feuerluft wieder sammelt, um direct in den Kamin zu entweichen. Der große Vortheil ist hierbei, daß sich in den Röhren nie Asche ablagern kann; der Nachtheil, daß Theile der Heizfläche nur von Dampf berührt werden und nothwendig dem Verbrennen

ausgesetzt sind. Auffallend in dieser Beziehung ist, daß beim Betrieb nicht einmal die Röhren vollständig unter Wasser gehalten werden.

Die Anordnung der Maschine ist ganz wie bei den gewöhnlichen horizontalen Maschinen: der Cylinder mit dem angegossenen Schieberkasten liegt oben, etwas seitlich und ist mit hängender Stopfbüchse versehn; ein Deckel trägt zwei starke Führungslineale, zwischen welchen sich das Gleitstück bewegt. Dasselbe wird durch die gespaltene Kurbelstange gefaßt, welche zwei offene Köpfe und am andern Kurbelende einen geschlossenen Kopf mit Bügel hat. Die Kurbel ist auf dem Ende der Welle aufgekeilt, welch letztere in zwei am Kessel angeschraubten Wandlagern läuft, und zwischen denselben das Excenter und den Ring zum Regulatorbetrieb, am anderen Ende die Schwungradwelle trägt. Speisepumpe und Schieberkasten liegen sich so gegenüber, daß die verlängerte Schieberstange als Speisepumpenkolben wirkt. Die Excenterstange packt beide zwischen den Stopfbüchsen, dieselben natürlich von der Seite angreifend. Der wesentliche Vortheil hierbei ist, daß der Schieber sehr nahe dem Cylinder zu liegen kommt, obgleich das Wellenlager zwischen Kurbel und Excenter liegt. Das einseitige Anfassen der Stange ist natürlich ein Nachtheil, den man dabei kaum übersehen kann.

Der Kessel solcher Maschinen arbeitet mit 30—50 Pfund Druck auf den Quadratzoll, und werden die Preise derselben von der Fabrik wie folgt angegeben: Maschinen von

4	6	8	10	12	14	16	20	Pferdestärken, kosten
105	130	160	190	230	250	275	320	Pfd. Sterl.*)

Man sieht aus der Tabelle, daß, obgleich die Cylinderdurchmesser der Maschinen verhältnißmäßig groß genommen werden, dieselben beispiellos billig sind; ein Umstand, der sich dadurch erklärt, daß die Arbeitslöhne in Schottland sehr gedrückt sind, und die Preise von genau gearbeiteten Artikeln besonders von den Löhnen sich abhängig machen.

2) Maschine von L. Bréval in Paris, wovon Fig. 13 einen Durchschnitt des Kessels mit Ansicht der Maschine liefert. Der Kessel besteht aus einem äußern und einem innern Cylinder, welch letzterer in Verbindung von zwei, darin eingenietheten Querrohren die Feuerbüchse bildet. Der Schornstein führt durch den Dampfraum in die Höhe. — Die Betriebswelle der Maschine liegt horizontal und läuft über dem Kesseldeckel fort, während die Achse des Cylinders vertikal liegt und unten, an einer mit dem Kessel verbundenen vertikalen Platte angeschraubt ist. Für den einfachen Schieber, ist eine Gegenkurbel an den Taf. III. Fig. 13.

*) Aus commerziellen Gründen werden wir die Preise von Maschinen, die in größeren Anstalten fabrikmäßig hergestellt werden, hier mit aufnehmen.

Krummzapfen angeschweißt, während die Kolbenstange durch eine Stopfbüchse geführt wird. Der Preis solcher Maschinen, deren Construction sich für kleine Zwecke empfehlen möchte, ist für Maschinen von:

1	2	3	4	5	6	8	Pferdestärken,
1500—1800	2400	2800	3400	4000	4600	5800	Francs.

3) Maschine von Garret, Marshall u. Comp. in Leeds. Der Kessel dieser Maschine hat viel Aehnlichkeit mit dem von Bréval, insofern er auch aus einem äußern, vertikalen Cylinder besteht, in welchem aber die Feuerbüchse aus zwei andern Cylindern gebildet ist, so daß dieselbe ein ringförmigen Raum bildet. Der Schornstein geht ebenfalls durch einen Theil des Dampfraums. Die Maschine ist im Stile eines Dampfhammers gebaut, indem der Cylinder auf zwei, auf dem Kessel aufgeschraubten Gußständern befestigt ist, welche das solide und mit Keilen versehene Gleitstück führen. Der Kessel enthält übrigens auf seinem Haupte einen Dampfdom, an welchem sich Absperrventil und Drosselklappe befinden. Die für die Kurbel abgekröpfte Welle ruht in drei auf dem Cylinder aufgeschraubten Lagern.

Taf. III. Fig. 14. 4) Maschine von Appleby Brothers in London, welche in Fig. 14 in einer Längen-Ansicht skizzirt ist. Der Kessel dieser Maschine ist von solcher Form, wie wir solche bei den einfachsten Locomobile antreffen werden. Eine ziemlich starke, gußeiserne Fundamentplatte dient demselben als Auflager, so daß sich solcher einerseits mit der Feuerbüchse, andererseits mit einem, die Rauchkammer nach unten verlängernden Kasten auf dieselbe stützt. Dieser Kasten enthält den mit Dampf umgebenen Cylinder und Schieberkasten. Die Deckel beider stehen nach vorn und hinten aus demselben hervor. Die Maschine, welche sich zwischen Kasten und Feuerbüchse erstreckt, hat im Allgemeinen die Form der gewöhnlichen Locomobilen. Das einzig Bemerkenswerthe ist, daß die Coulisse, mit der die Expansion verändert und umgesteuert werden kann, während des gewöhnlichen Ganges der Maschine mit dem Regulator durch einen Hebel in directer Verbindung steht. Ob dieser, allerdings äußerst einfache Weg, die Expansion durch Regulatoren zu ändern, dem Zweck entspricht, ist uns zweifelhaft. Jedenfalls erfordert die Reibung in der Coulisse einen sehr kräftigen Regulator. Das Schwungrad ist seiner Lage am Boden wegen verhältnißmäßig klein gehalten.

Die Anordnung giebt dem Ganzen ein sehr solides Aussehen und macht jede Befestigung am Boden unnöthig, die Maschinen somit namentlich auch in den obern Stockwerken von Fabrikgebäuden, wenn dieselben überhaupt die Last tragen können, anwendbar.

5) Die andern, hier noch erwähnenswerthen transportabeln

Dampfmaschinen, welche sich auf der Londoner Ausstellung befanden, sind in ihrer Hauptanordnung den gewöhnlichen Locomobilen so ähnlich, daß denselben eigentlich nur die Räder fehlen, um sie zu solchen zu machen: Ihr Kessel ist äußerlich cylindrisch und horizontal gelagert, und auf dem Rücken befindet sich die Maschine. — Bei der Maschine von Laurens und Thomas (Paris) ist der Kessel übrigens mit einer Vorrichtung versehen, um die Heizröhren, behufs ihrer Reinigung, herausnehmen zu können; einer Vorrichtung, die wir bereits Bd. II. S. 64 erwähnt haben und auch hier noch in anderer Form werden kennen lernen. Als eigenthümliches Kunststück französischer Gießerei tritt die Maschine auf, da Grundplatte (welche auf dem Rücken des Kessel befestigt), Cylinder, Schieberkasten, Gradführung und Lager ein einziges Gußstück bilden. Der Regulator dieser Maschine ist ein pneumatischer Regulator, welcher nach ähnlichem Princip wie die Regulatoren von George & Johnson (Bd. I. S. 205) construirt ist. — Die Maschine von Houget (Vervier) ist mit einem Kessel versehn, dessen Construction ebenfalls gestattet, die Siederöhren aus demselben herausnehmen zu können, wie wir diese Anordnung bei einer Locomobile von Ransomes und Sims werden näher kennen lernen. Die eigentliche Maschine sitzt auf einem Gußstück, das mit dem Kessel verbunden ist. Das Eigenthümliche, das an dieser Maschine zu Tage trat, war aber der Betriebsriemen, der die Kraft der Maschine weiter übertrug. Er wird von dem Erfinder, Herrn Clissold, Kettenriemen genannt, da er aus Eisen und Leder construirt ist. Abbildung und Beschreibung desselben befinden sich: J. 2. 1862, Bd. 166, S. 5.

B. Locomobile Dampfmaschinen.

Die locomobilen Dampfmaschinen, Locomobilen, waren wie schon erwähnt, auf der Londoner Industrieausstellung überaus reich vertreten, namentlich durch solche aus englischen und französischen Fabriken. Aus Deutschland, woselbst in neuester Zeit dieser Industriezweig ebenfalls einen bedeutenden Aufschwung erhalten hat, war nur eine Maschine von der Kölner-Maschinenbau-Actiengesellschaft ausgestellt, die keineswegs sich durch ihre Construction empfahl. Um in das Labyrinth von dargebotenen Constructionen wenigstens einige Ordnung und Scheidung hineinzubringen, und gleichzeitig die charakteristischen Merkmale der Locomobilen von den genannten Ländern vorführen zu können, werden wir zusammenfassen:

a) englische Locomobilen,
b) französische Locomobilen,
c) deutsche Locomobilen,

und von diesen Maschinen diejenigen specieller vorführen, die entweder von größern Fabriken herrühren, oder sich sonst durch beachtungswerthe Eigenthümlichkeiten auszeichnen.

a) englische Locomobilen.

Die charakteristischen Merkmale der meisten englischen Locomobilen sind im Allgemeinen folgende: Die Kessel sind Locomotivkessel mit viereckiger Feuerbüchse; die Maschinen sind eincylindrig und der Cylinder liegt seitlich, parallel der Kesselachse, um leichter Raum für den Krummzapfen und die Excentrics auf der Welle zu gewinnen; die Theile der Maschine sind direct auf dem Kessel befestigt; die Kolbenführung geschieht mittelst vier Linealen, zwischen welchen die Pleyelstange sich bewegt; die Dampfzuführung geschieht durch einen Schieber, dessen Function immer durch einen Regulator unterstützt wird; die Speisung geschieht mittelst einer Druckpumpe; die Spannung beträgt 45—60 Pfund pro Quadratzoll und steigt nur bei Locomobilen für die Dampfpflugcultur bis zu 90 Pfund; die Umdrehungszahl liegt zwischen 90 und 150 per Minute.

Taf. III. Fig. 15 u. 16. 1) Maschinen von Clayton, Schuttleworth u. Comp. in Lincoln. — Die Figg. 15 u. 16 geben eine Skizze der einfachsten Form einer Locomobile dieser Fabrik, die bisher in England die meisten Maschinen der Art geliefert hat. Der Kessel ist ein gewöhnlicher Locomotivkessel mit viereckiger Feuerbüchse. Der Cylinder liegt 6—8 Zoll seitlich auf dem Haupte der Feuerbüchse. Der Dampfabsperrschieber ist dem Heizer zur Hand, und das Dampfabführungsrohr geht durch den Kessel hindurch, in dem Kamin mündend. An den Lappen der Stopfbüchse sind die vier eisernen Lineale zur Führung der Kolbenstange befestigt, die außerdem eine Unterstützung finden auf einem Gußstück, das mit dem Kessel verbunden ist. Die Welle ist aus einem Stück gebogen, trägt an einem Ende das Schwungrad, am zweiten ein Excenter für die Druckpumpe, welche in geneigter Lage an dem Rauchkasten befestigt ist. Die zwei Lagerböcke dieser Welle sind nicht aus einem Stück gegossen, sondern einzeln auf dem Kessel befestigt. Zwischen diesen Lagern befindet sich an der Welle der Krummzapfen für die Pleyelstange, das Excentric für den einzigen Schieber und eine kleine Scheibe zur Bewegung des Regulators, der seitlich auf einem, an dem Kessel befestigten Gestell angeordnet ist. Die Speisepumpe fördert das Wasser zunächst nach einer, in der Rauchkammer befindlichen gußeisernen Röhre, von wo es, am Boden der Kammer, in den Kessel tritt.

Dieselbe Fabrik fertigt auch Maschinen, die sonst der beschriebenen

ganz ähnlich, bei welchen aber der Cylinder in der Rauchkammer angeordnet, so zwar, daß er in dieselbe hineingesteckt erscheint. Das Dampfabführungsrohr fällt bei dieser Anordnung natürlich weg, und die Drehachse des Absperrschiebers geht dagegen durch den ganzen Kessel hindurch, um an derselben Stelle wie bei der beschriebenen Maschine zu Tage zu treten.

Die Preise für Maschinen dieser Fabrik von

	4	5	6	7	8	10	Pferdestärken,
sind	165	180	200	215	230	270	Pfd. Sterl. (1. Sorte).
	170	185	205	220	235	275	Pfd. Sterl. (2. Sorte).

2) Maschinen von Ransomes und Sims in Ipswich. Von den drei Maschinen, welche diese Fabrik ausgestellt hatte, geben wir in den Figg. 17 u. 18 Skizzen einer Maschine, bei welcher der Kessel die Einrichtung hat, daß Feuerbüchse und Heizröhren herausgenommen werden können. (Patent von Bidell und Balk.) Derselbe besteht nämlich aus einem runden, äußern Cylinder, in der die Feuerbüchse — eine ziemlich lange oben flach gedrückte Röhre, deren obere Wölbung durch Bügel versteift ist — steckt. An diese genietet ist die Stirnwand des Kessels und hinten natürlich die Stirnwand der Heizröhren. Diese sind ziemlich kurz; ihre hintere Stirnwand ist an ein Winkeleisen des äußern Kessels angeschraubt und trägt die Rauchkammer. Ebenso ist die Stirnwand der Feuerbüchse mit Schrauben an dem äußern Kessel zu befestigen, so daß nach Lösung der betreffenden Schrauben Feuerbüchse und Röhren behufs Reinigung der letztern aus dem Kessel heraus genommen werden können: der Cylinder dieser Maschinen sitzt über der Feuerbüchse und zwar — bei allen Ransomes'schen eincylindrischen Maschinen — über der Mitte derselben. Der Schieberkasten, mit seitlichem Deckel, enthält in einem nach unten angegossenen Kästchen den Absperrschieber, der durch einen auf dem Rücken der Feuerbüchse liegenden, in horizontaler Ebene beweglichen Hebel regiert wird. Von der andern Seite, unterhalb des Cylinders, tritt die Spindel der Drosselklappe in die am Cylinder angegossene, direct auf dem Kessel aufsitzende Dampfeinströmungsröhre. Das Ausgangsrohr für den Dampf befindet sich äußerlich; die Geradeführung besteht aus vier Linealen. Die Welle ruht in zwei für sich bestehenden Lagern, die wegen der Uebertragungsart, in geneigter Lage sich befinden; zwischen denselben enthält dieselbe den Krummzapfen zur Uebertragung der Kolbenbewegung, einerseits das Excentric für den Schieber und andernseits das Riemscheibchen zur Bewegung des Regulators. Außerhalb der Lager befindet sich einerseits das Schwungrad, andernseits das Excentric für die Taf. III. Fig. 17 u. 18.

Pumpe, die in senkrechter Lage an dem Kessel befestigt ist. Während die Maschinen von Clayton bei 45 Pfund Druck 100—126 Umdrehungen per Minute machen, arbeiten die Ransomes'schen mit einer Geschwindigkeit von 110—200 Umdrehungen, was ihr Volumen vortheilhaft vermindert.

Die in Rede stehende Fabrik fertigt auch eincylindrige Maschinen mit gewöhnlichen (Clayton'schen) Kesseln, sowie auch zweicylindrige Maschinen, von welch' jeder Art sich auf der Ausstellung ebenfalls ein Exemplar befand. — Im Nachstehenden geben wir noch die Preise der eincylindrigen Maschinen dieser Fabrik in Pfd. Sterl.:

3	5	7	8	10	12	pferdige Maschinen kosten
125	190	210	215	255	295	Pfd. St. (m. gew. Kess.)
140	200	225	230	280	326	Pfd. St. (m. Pat.-Kess.)

Taf. III. Fig. 19—21. 3) Maschinen von Tuxford und Sons. Ein durchaus anderes System von Locomobilen, als die bisher erwähnten, wird von dieser Fabrik vertreten, und haben wir die Skizze einer Maschine in den Figg. 19 bis 21 gegeben, auf die sich unsere Erklärungen zunächst beziehen werden. — Die eigentliche flachgebaute Feuerbüchse des Kessels führt die Feuerluft zunächst durch zwei weite Rohre nach einer Kammer, aus welcher dieselbe durch gewöhnliche Locomotivröhren nach einer zweiten Kammer geleitet wird, die dieselbe nach dem Schornstein führt. In Bezug auf Brennmaterialersparniß hat sich dieser Kessel sehr bewährt, obgleich seine Reinigung mit Schwierigkeiten verbunden ist. Die ganze eigentliche Maschine, welche hier mit zwei Cylindern versehn ist, befindet sich in einem Gehäuse, welche mit dem Kessel in ersichtlicher Art verbunden ist. Am Boden dieses Gehäuses befinden sich die Cylinder, das Drosselventilgehäuse und eine Pumpe. Die Kolben der Cylinder sind mit langen Bügeln verbunden, die oben ihre Gradführungen haben, und durch welche die horizontale Welle geht, die von Pleyelstangen bewegt wird, die an oben gelegenen Punkten der Bügel angreifen. Einer dieser Bügel treibt auch die Pumpe, die dicht an einem Cylinder sich befindet. Zwei Excentrics auf der Welle treiben die Schieber, und eine von dieser abgehenden Räderverbindung den Regulator, der oben, zwischen den Führungen der Bügel sich befindet. Maschinen dieser Art werden von der Fabrik auch mit einem Cylinder gebaut.

Bei einer zweiten Art von Maschinen, welche diese Fabrik ebenfalls fabrikmäßig herstellt, ist der Kessel von gewöhnlicher Construction; an dem Ende desselben aber, das den Schornstein enthält, ist ebenfalls ein mit Thüren versehenes Gehäuse angeschraubt, das die Maschine enthält. Das System derselben ist der Hauptsache nach dem bereits be-

schriebenen ähnlich, jedoch befinden sich bei demselben die Führungen unten, die Cylinder dagegen oben, so daß sie mit hängenden Stopfbüchsen versehen sind.

Die Preise der Maschinen dieser Fabrik, von

4	5	6	7	8	10	Pferdestärken sind
170	180	205	220	235	10	Pfd. Sterl. (1. Art)
170	180	220	235	250	310	Pfd. Sterl. (2. Art)

4) Nachdem wir die Construction der Locomobilen von den drei größten Fabriken im Allgemeinen vorgeführt haben, wollen wir noch die der kleineren, die ebenfalls auf der Ausstellung vertreten waren, in ihrer Eigenthümlichkeit hier in Kürze anführen: Bei den Maschinen von Hornsby & Sohn ist der Kessel mit einem Dom versehen, der sich aus einer Erhöhung des Kessels über der Feuerbüchse bildet; in diesem Dom ist der Cylinder angeordnet, und die Führung der Kolbenstange geschieht durch zwei cylindrische Stangen, die ihre Befestigung ähnlich wie die früher erwähnten Lineale erhalten. — Bei den Maschinen von Ruston, Proctor & Comp. sind die zwei Lagerstühle für die Betriebswelle aus einem Stück gegossen, was bei den bisher erwähnten Maschinen nicht der Fall war; außerdem ist jede Maschine, außer der gewöhnlichen Speisepumpe, mit einem Giffard'schen Speiseapparat versehen, der seinen Platz an der Stirnwand des Kessels, gegenüber dem Wasserstandsglase erhält. — Die Maschine, die von der Fabrik von Smith und Ashby ausgestellt war, hatte einen Kessel von der Construction, wie wir ihn bei der Tuxford'schen Maschine (Fig. 19) kennen gelernt haben. Hinter der Rauchkammer, welche nicht über der Feuerbüchse liegt, war ein Behälter angeordnet, der das Speisewasser aufnahm, und an dessen Boden die Speisepumpe aufgeschraubt war. Ueber diesem Behälter war die Welle gelagert, in Lagern, die an den Seitenwänden des Kessels angeschraubt waren. Der Cylinder hatte solche Lage, daß seine Axe mit der des Kessels in einer horizontalen Ebene sich befand, also seitlich vom Kessel lag. Die Kolbenstange war nur durch einen Cylinder geführt, der unterhalb derselben lag. — Ein bei Locomobilen eigenthümliches Prinzip vertrat endlich noch die Fabrik von Wenham in London. Auf jeder Seite des Schornsteins, der einem gewöhnlichen Locomotivkessel angehörte, lag nämlich ein Cylinder; ein kleinerer, in den der Dampf von dem Kessel einströmte, und ein größerer, in den der Dampf einströmte, der im kleinen Cylinder schon gearbeitet hatte, und zuvor durch ein erhitztes Röhrensystem ging. Beide Cylinderkolben hatten gleichen Hut, und trieben die Betriebswelle,

auf welcher die entsprechenden Kurbeln unter rechtem Winkel zu einander standen.

b) französische Locomobilen.

Werfen wir zunächst einen allgemeineren Blick auf die französischen Locomobilen, so tritt uns Folgendes entgegen: Die Maschinen erscheinen im Ganzen complizirter, schwerer und unbeholfener als die englischen. Die Kessel haben nicht die einfache Locomotivkesselform mit viereckiger Feuerbüchse, sondern letztere wird gewöhnlich durch einen Cylinder ersetzt, der in vertikaler oder horizontaler Lage mit dem andern Kesseltheil verbunden ist; Kessel mit zurücklaufenden Feuerröhren, wie Fig. 19, Taf. III, sind häufig. Dampfgehäuse und Vorwärmer sind bei den meisten Maschinen vorhanden, und die Expansion, die bei englischen Maschinen durch blos einen Schieber bewerkstelligt wurde, ist hier mit zweien Schiebern angeordnet und verstellbar gemacht. Die Axe des Cylinders befindet sich bei eincylindrigen Maschinen immer in der vertikalen Ebene, die durch die Axe des Kessels gedacht werden kann. Sämmtliche Maschinentheile befinden sich immer auf einer gemeinschaftlichen Fundamentplatte, die mit dem Kessel verbunden ist. Die Betriebswelle trägt zwei kleine und schwere Schwungräder, und die Spannung variirt von 5—7 Atmosphären. — Nach Hervorhebung der allgemeineren Eigenschaften der französischen Locomobilen wollen wir uns jetzt einigen Speciellern zuwenden, und dabei uns wiederum als Anknüpfungspunkte der Maschinen bedienen, die in London ausgestellt waren.

Taf. III. Fig. 22 u. 23. 1) Maschinen von Albaret & Comp. in Liancourt. Fig. 22 giebt die Skizze einer Maschine dieser Fabrik. — Der Kessel derselben, für 5—6 Atmosphären berechnet, besteht aus dem cylindrischen, einen hohen Dom bildenden Theile über der ebenfalls runden Feuerbüchse, und dem an demselben sich anschließenden, die Siederöhren enthaltenden horizontalen Kessel, an dessen anderm Ende in gewöhnlicher Weise die den Kamin tragende Rauchkammer sitzt, der sich der Schornstein anschließt. Der Cylinder ist auf einer Fundamentplatte angeschraubt, mit der zugleich die Lager, sowie ein Führungsstück zur Gradführung der Kolbenstange aus einem Stück gegossen sind. Der Angriffspunkt der Kolbenstange liegt in Bezug auf die Lager der Welle so tief, daß keine gespaltene Pleyelstange nothwendig wird. Nur ein Muschelschieber, der von einem Excentric bewegt wird, vermittelt die Dampfvertheilung; die Schieberstange wird jedoch von außen geführt, was bei englischen Maschinen nicht der Fall war, und dies macht eine gespaltene Excenterstange nothwendig.

Eigenthümlich, und für Locomobilen nicht ohne Werth, ist der Ringregulator dieser Maschine, von dem wir in Fig. 23 eine Skizze geben. Zwei Streben mit ausgebüchsten Köpfen führen eine Röhre, welche horizontal und parallel mit der Schwungradwelle liegt und von dieser direct durch einen Riemen in Bewegung gesetzt wird. Diese Röhre baucht sich in der Mitte fast zu einer Kugel aus, durch deren innern hohlen Raum eine Spindel geht. Letztere liegt in der Richtung des Durchmessers eines wulstförmigen Ringes, den sie auf diese Weise in der Schwebe erhält. Die Spindel bewegt ferner mittelst eines Zahnsegments, wenn der Wulst sich dreht, eine, mit einer Zahnstange versehne runde Stange im Centrum der Röhre, welche nach der einen Seite hin durch eine verstellbare Feder nach links gezogen wird, und so den Ring stets in einer möglichst geneigten Lage erhält. Am andern Ende steht die Stange mit einer Büchse außerhalb der Röhre in Verbindung, die das direct mit Drosselklappenspindel verbundene Hebelchen in Bewegung setzt. Selbstverständlich sucht sich durch die Centrifugalkraft der Ring während des Ganges der Maschine aufzurichten, dreht dadurch die Spindel, auf welcher er steckt, und bewegt somit die Drosselklappe. Durch eine Schraube, mit welcher die im Regulatorrohr liegende Feder gespannt werden kann, kann der Regulator fast für jede beliebige Anzahl von Umdrehungen der Maschine gebraucht werden. Die Vortheile der Vorrichtung liegen jedoch wesentlich darin, daß der Regulator bei jeder Stellung der Axe mit derselben Leichtigkeit und Genauigkeit arbeiten wird, wie in der genau horizontalen Lage.

In den Haupttheilen, den Kessel, der Fundamentplatte, der Lage des Cylinders, hat die erwähnte Maschine viel Aehnlichkeit mit der von J. F. Cail & Comp. in Paris. Bei derselben wird jedoch die Kolbenstange durch zwei Lineale geführt, die Expansion wird mittelst zweier Schieber bewerkstelligt (Meyer'sche Expansion) und veränderlich gemacht, und außerdem besitzt dieselbe einen Regulator, der nach Porter'schem Prinzip construirt ist.

2) Eine Maschine von für Locomobilen eigenthümlichem System war von Malo, Belleville & Comp. ausgestellt, und ist auf Taf. III in den Figg. 24 u. 25 skizzirt. — Der Kessel derselben besteht aus einem viereckigen Blechkasten von 70 Centimeter Breite, 1 Meter Länge und circa 2 Meter Höhe, welcher doppelte, 3 Centimeter von einander entfernte Wände hat; der Rost liegt unten, den ganzen Querschnitt des Kessels einnehmend. 36 Centimeter über demselben liegen gußeiserne Querbarren, welche ein System schmiedeeiserner Röhren tragen, die hinten hufeisenförmig abgebogen und vorn mit angeschweißten Taf. III. Fig. 24 u. 25.

Muffen versehen sind. Die erste Reihe von 5 Röhren ist durch ein gemeinsames schmiedeeisernes Rohr mit 5 Stutzen verbunden, wie auch, nach oben gezählt, die 6. Schicht. Die 2., 3., 4. und 5. Reihe von Muffen sind so verbunden, daß immer nur die über einander liegenden Röhren durch ein gemeinschaftliches, 2 Stutzen enthaltendes Querstück communiciren. Diese Querstücke enthalten 2 runde Deckelchen, welche je durch eine Schraube dicht angezogen sind und durch welche somit jedes Rohr einzeln bequem gereinigt werden kann. Von dem Verbindungsrohr der obersten Schichte führt ein Stutz und ein gebogenes Rohr außerhalb des Kastens in dem auf denselben liegenden Dampfbehälter, der aus Schmiedeeisen und cylindrisch ist und durch dessen Mitte der Kamin nach oben führt. Von demselben geht ein Rohr zur Maschine und ein zweites zu einem ziemlich großen, vertical an der Außenseite des ganzen Apparates stehenden gußeisernen Rohr, welches unten einerseits mit dem untersten Röhrensystem, andererseits mit dem Wasserstandsglas in Verbindung ist. In diese Röhre, und zwar in den mit Dampf gefüllten Theil, wird das Speisewasser gepumpt. Nur die drei untersten Reihen des Röhrensystems sind mit Wasser gefüllt.

Der Vortheil, welcher in diesem und allen ähnlichen Dampfkesseln liegt, ist eine möglichst geringe Menge Wasser dem Feuer auszusetzen und so eine rasche Verdampfung zu erzielen. Wie wir sehen, ist zugleich ein sehr großer Theil der Heizfläche für das Ueberhitzen des Dampfes verwendet, was beides auf eine günstige und rasche Dampfentwickelung wesentlichen Einfluß hat. Der Fabrikant giebt die Zeit, in der man Dampf von 7 Atmosphären erhält, zu 35 Minuten an und glaubt mit $2^1/_2$—3 Pfd. Kohlen per Stunde und Pferdekraft arbeiten zu können. Er nennt seinen Kessel unexplodirbar, indem das Springen einer Röhre bei den geringen Mengen von Wasser und Dampf, die der Apparat enthält, nicht viel Unheil anrichten kann. Wie lange freilich die überhitzten Röhre Dienste leisten, kann nur durch längere Erfahrung festgestellt werden.

Die Maschine ist von vertikalem System mit stehendem Cylinder, und auf einer gemeinschaftlichen Grundplatte an der Rückwand des Kessels angeschraubt. Sie ist hübsch gearbeitet, und abgesehen von etlichen schwer zu erklärenden constructiven Mißgriffen, war sie eine der besten und hübschesten französischen Locomobilmaschinen. Die Welle liegt in den an der Fundamentplatte angegossenen schiefen Lagern und treibt den Regulator mit einem Riemen. Die Drosselklappe, in das Dampfeinströmungsrohr eingeschaltet, sitzt etliche Meter vom Schieberkasten entfernt. Ebenso merkwürdig ist die Entfernung der Ventilsitze von der

neben dem Cylinder stehenden Speisepumpe. Sonst sind die zwei Lineale der Gradführung, sowie die kurze, gespaltene Kolbenstange mit offenen Köpfen, ganz nach dem gewöhnlichen französischen Muster.

Das vertikale System von Locomobilen wird übrigens in Frankreich nicht von der eben erwähnten Fabrik allein vertreten, auch von August Cochot in Paris werden derartige Maschinen gefertigt, deren Kessel sich freilich in mancher Beziehung von den Malo'schen unterscheidet. Derselbe besteht nämlich aus einem vertikalen Cylinder, der mit Boden und Deckel versehn ist, welch' letzterm sich der Schornstein anschließt. An dem Mantel dieses Cylinders sind zwei Achsen für die Räder befestigt. In dem erwähnten Cylinder befindet sich ein zweiter hohler Cylinder, der als Boden den Rost enthält und durch einen viereckigen Kasten, der Feueröffnung, von außen behufs des Heizens zugängig gemacht worden ist; in seinem obern Theile ist er mit Röhren versehn, durch die das Wasser strömt, das auch diesen Cylinder zum größten Theil umgiebt und endlich von seinem Deckel aus mit dem Schornstein communizirt. Die Haupttheile der Maschine sind in ähnlicher Weise plazirt wie bei der Malo'schen Maschine. Eine ziemlich gute Zeichnung dieser Maschine befindet sich: J. 26. 1862, S. 577 und daraus J. 2. 1863, Bd. 167, S. 401.

3) Locomobilen von noch drei andern französischen Fabriken, die auch auf der Ausstellung vertreten waren, wollen wir kürzer, blos in Worten der Hauptsache nach zu beschreiben versuchen. — Die Maschine von Bréval in Paris ist mit einem Kessel versehn, der äußerlich aus drei horizontalen Cylindern besteht; einem größern, in dem die ebenfalls cylindrische Feuerbüchse befindlich, einem kleineren, durch den die Rauchröhren gehen, und einem noch kleinern, dem sich der Schornstein anschließt. Auf dem größeren Cylinder ist ein äußerlich viereckiges Gußstück genietet, das den Dampfdom bildet und gleichzeitig den Cylinder enthält. Die Kolbenstange des Cylinders ist über den Kreuzkopf hinaus verlängert und wird in dem verlängerten Theil in einer Stopfbüchse geführt, die in einem Ständer enthalten, der zugleich den Regulator aufnimmt. Dieser Ständer sowohl, als die Lager für die Betriebswelle sind auf einem gemeinschaftlichen Gußstück, das mit dem die Feuerröhren des Kessels umfassenden Theil verbunden ist, befestigt; dieses Gußstück steht also in keinem direkten Zusammenhang mit dem Cylinder. — Der Kessel der Maschine von Durenne (Paris) ist den gewöhnlichen englischen Locomotivkesseln sehr ähnlich. Ueber der Feuerbüchse desselben sitzt ebenfalls ein Gußstück, das den Dom bildet, der außerdem aber durch einen darüber geschraubten Cylinder vergrößert wird. Der erwähnte Dom besteht

mit dem Dampfcylinder aus einem Gußstück, und hat der Cylinder bei diesen Maschinen solch eine geneigte Lage, daß das Lager für die Betriebswelle eine erhöhte Lage erhält, wodurch von selbst Raum für die Kurbel und Schwungräder geschaffen wird. Die Führung des Kolbens geschieht bei dieser Maschine durch zwei Lineale, die auf einen Gußstück angeschraubt sind, das zugleich die Lager der Betriebswelle enthält; auch dieses steht also nicht im directen Zusammenhang mit dem Cylinder. Die Speisepumpe, die sonst immer zur Führung eine geneigte Lage hatte, ist bei dieser Maschine parallel derselben. — Bei den Maschinen der Fabrik von Barbier & Daubrén besteht der Kessel aus einem Cylinder, in welchem ein Feuerrohr vom Roste aus das Feuer in eine erste Rauchkammer führt, in der es umkehrt und durch Sieteröhren zurückläuft. Die zweite, über dem Rost gelegene Rauchkammer, hoch und weit über dem Kessel gebaut, enthält ein Gußstück, welches Cylinder sowol als Dom bildet, in dem ein weiter Dampfraum um den Cylinder durch einen Stutzen mit dem Dampfraum des Kessels in Verbindung gebracht ist. Ein am Gußstück des Cylinders angeschraubter gußeiserner Bock bildet die zwei Lineale zur Führung der Kolbenstange und trägt zugleich den gewöhnlichen Kugelregulator — eine Construction, welche die relative Lage des Kolbens und Gleitstücks in bestmöglichster Weise sichert. Die Lagerböcke mit ihren angegossenen geraden Lagern sind unter sich getrennt, und auch nicht mit dem Cylinder in direkte Verbindung gebracht. Die Speisepumpe ist in horizontaler Lage an dem Cylindergußstück festgeschraubt und durch ein Excenter bewegt.

c) deutsche Locomobilen.

Nachdem wir dem Leser die hauptsächlichsten Eigenthümlichkeiten der englischen und französischen Locomobilen vorgeführt haben, wären wir dahin gelangt, solche hier auch von den deutschen Maschinen der Art anzugeben. In der That läßt sich aber sagen, daß eigentliche, wesentliche Characterzüge denselben durchaus fehlen, daß sie vielmehr in Bezug auf ihre Constraktion als Combinationen der einfachsten englischen und französischen Locomobilen erscheinen. Nur der Regulator macht hiervon eine wol nicht rühmliche Ausnahme, den man bei den meisten deutschen Maschinen vermißt. Einige nachfolgende Beispiele werden das Gesagte bestätigen.

1) Maschinen der Cölner-Maschinenbau-Actiengesellschaft, von welchen eine zweicylindrige in London ausgestellt war. — Der Kessel dieser Maschine ist den einfachen Locomobilkesseln, mit viereckiger Feuerbüchse und horizontalen Sieteröhren, durchaus ähnlich. Ueber

der Feuerbüchse befindet sich ein kleiner, gußeiserner Dom mit zwei Ansätzen, von welcher der eine das Sicherheitsventil, der andere das Absperrventil trägt. Von demselben führt ein Rohr dem Schieberkasten den Dampf zu. Dampfcylinder und Lager sind auf einer gemeinschaftlichen Fundamentalplatte befestigt; diese ist indeß nicht direct mit dem Kessel verbunden, sondern mit acht Trägern, die an dem Kessel angenietet sind. Die Führung der Kolbenstangen geschieht, wie bei den Bréval'schen Maschinen, durch Stopfbüchsen, welche auf der Fundamentalplatte befestigt, während die Kolbenstangen entsprechend verlängert sind. Der Regulator fehlt. Die Maschine ist mit verstellbarer Expansion und zum Umsteuern eingerichtet, und zwar ist jeder Expansionsschieber mit einer etwas kostbaren Schleifbogensteuerung versehn, die viel Aehnlichkeit mit der Fink'schen (S. 111) hat. Im Allgemeinen machte die Maschine den Eindruck der Schwerfälligkeit, sie zeigte, daß bei ihrer Erbauung dieser Zweig des Maschinenbaus noch keineswegs die Sicherheit und Routine erlangt hatte, die nothwendig sind, das Nothwendige mit dem Schönen in richtige Harmonie zu bringen.

2) Maschinen von Egestorff in Linden vor Hannover. Die Skizze einer Maschine dieser Fabrik liegt uns im J. 5, 1861, S. 306 vor, nach der wir im Nachfolgenden eine allgemeine Beschreibung derselben geben werden. — Die innere Einrichtung des Kessels ist der der Ransomes'schen Maschine (Fig. 17 u. 18 Taf. III) durchaus ähnlich wogegen das Aeußere desselben mehr den Bréval'schen Kesseln (S. 111) gleicht, indem die Feuerbüchse von einem größern Cylinder, als der der Röhren, umgeben ist. Ueber der Feuerbüchse, auf dem größern äußern Cylinder des Kessels, sitzt frei der Cylinder, dessen Kolbenstange über den Kreuzkopf hinaus verlängert und bei dieser Verlängerung durch eine Stopfbüchse geführt wird; die Unterstützung derselben ist allein auf dem Kessel befestigt. Für die Lager der Betriebswelle ist wiederum ein besonderes Stück mit dem Kessel verbunden, und ein Regulator ist nicht ersichtlich, wahrscheinlich auch nicht vorhanden.

3) Maschinen von Wens & Comp. in Berlin. Diese Fabrik ist wohl die einzige in Deutschland, die sich bereits seit mehreren Jahren die Aufgabe gestellt hat, diesen Zweig des Maschinenbaus fabrikmäßig zu betreiben und die denn auch bereits eine größere Anzahl von Locomobilen für verschiedene Zwecke geliefert hat. Fig. 26 auf Taf. III giebt eine Skizze einer eincylindrigen Maschine dieser Fabrik. — Der Kessel ist den einfachen englischen Locomobilkesseln durchaus ähnlich; in der Rauchkammer desselben wird auf Verlangen ein durchlöchertes Blech zum Abfangen der Funken angeordnet. Ueber der Feuerbüchse erhebt sich ein Dampf- Taf. III. Fig. 26.

dom a und darüber ein eigenthümlich construirter Vorwärmer b. Ueber dem mittleren Hauptheil des Kessels ist eine Fundamentalplatte angebolzt, mit der zunächst der Cylinder c verbunden ist, in den der Dampf vom Dom aus eintritt, wogegen derselbe nach dem Vorwärmer b hin austritt. Die Führung der Kolbenstange geschieht durch zwei Lineale, die einerseits am Cylinder, anderseits an einem Ständer auf der Platte angeschraubt sind. Die Welle enthält zwischen den Lagern den Krummzapfen, außerdem zwei Excentrics für die Schieber, da die Maschinen immer mit besonderen Expansionsschiebern versehn sind, und ein Excentric für die Druckpumpe, die etwa bei d sich befindet und deren Kolben eine ein wenig geneigte Lage hat. Aeußerlich befindet sich auf der Welle ein Schwungrad. Die Pumpe treibt das Wasser zunächst nach dem Vorwärmer b, und aus diesem nach einem Punkte des Kessels, der sich auf der Rückseite am untern Theil der Feuerbüchse befindet. Die vorschriftsmäßige Nothpumpe befindet sich diesem Punkte gegenüber bei f. Sicherheitsventil und Absperrvorrichtung befinden sich ebenfalls auf der Rückseite der Feuerbüchse in passender Höhe. Auch bei diesen Maschinen vermißte man den Regulator. Die Maschinen werden in dieser Fabrik von 1 bis 20 Pferdestärken gebaut und bei den 10pferdigen mit 2 Cylindern begonnen. Die Preise sind folgende:

1	2	3	4	6	8	10	Pferdest.	mit 1.
600	800	1000	1200	1500	1650	1800	Thlr.	Cylinder.
	10	12	14	16	18	20	Pferdest.	mit
	2100	2350	2600	2850	3100	3350	Thlr.	2 Cyl.

C. Locomotive Dampfmaschinen.

Wie schon in der Einleitung erwähnt, hat man in neuester Zeit auch Maschinen construirt und in Betrieb gesetzt, die sich selbst und angehängte Lastwagen auf gewöhnlichen Straßen zu bewegen im Stande sind, sich also mit der Lösung eines Problems beschäftiget, das der Technik bereits vor 40 Jahren viel zu schaffen machte, und mit der Einführung des Eisenbahnsystems endigte. Auch auf der letzten Londoner Ausstellung waren diese Maschinen durch elf Exemplare und durch alle fast mögliche Constructionen vertreten, wobei letztere besonders auch von dem Zweck der einzelnen Maschinen abhängig war. Um eine allgemeine Uebersicht des bereits Vorhandenen über diesen Gegenstand zu gewinnen, wollen wir zunächst

1) die Maschinen auf der Londoner Ausstellung in Er-

wähnung bringen. Gehen wir zunächst auf die verschiedenen Zwecke der ausgestellten Maschinen ein, so lassen sich dabei unterscheiden:

a) Maschinen, welche ausschließlich für landwirthschaftliche Zwecke bestimmt sind und als Transportmaschinen nur zeitweise dienen, um sich und die Arbeitsmaschinen, welche sie später zu treiben haben, fortzubewegen. Diese Art Maschinen sind in England bereits sehr verbreitet, Unternehmer oder Gesellschaften halten dieselben nebst den nöthigen Arbeitsmaschinen, Dreschmaschinen, Schrotmühlen u. s. w., um die Farmen eines ganzen Districtes für Tagelohn der Reihe nach zu bedienen.

b) Solche Locomotivmaschinen, welche vorzugsweise zum Transport schwerer Lasten, d. h. als Frachtlocomotiven dienen, und je nach ihrer Stärke 200—1000 Ctr. mit einer Geschwindigkeit von 4 engl. Meilen per Stunde fördern. Auch diese Maschinen haben unseres Wissens in England bereits vielfache Anwendung gefunden.

c) Maschinen, welche ausschließlich zur Personenbeförderung auf gewöhnlichen Straßen bestimmt sind, und auf nahezu horizontalen Straßen mit einer Geschwindigkeit von circa 15 englischen Meilen per Stunde fahren sollen. Anwendung haben diese Maschinen unsers Wissens bis jetzt auch in England nicht gefunden.

d) Maschinen, welche für Güter und Personen zugleich und für mittlere Belastung und Geschwindigkeit bestimmt sind. Auch diese Maschinen haben in England bis jetzt ausgedehntere Anwendung nicht gefunden.

Die Construction der in Rede stehenden Maschinen war, wie schon erwähnt, sehr verschieden; das Ziel derselben lief aber darauf hinaus: eine nach Art einer Locomobile construirte Dampfmaschine fahr- und lenkbar zu machen. Zwei derselben, die ausschließlich zur Personenbeförderung bestimmt waren, die unter c) erwähnten, waren ganz wie Eisenbahnlocomotiven construirt, die Uebertragung der Kolbenbewegung fand direct auf die Triebräder statt. Bei allen andern wurde diese Uebertragung durch Räder- oder Kettenvorgelege vermittelt. Die Construction für die Lenkbarkeit dieser Maschinen lief im Allgemeinen darauf hinaus: die Axe der Vorderräder (Laufräder) vom Führerstande aus drehbar in horizontaler Richtung zu machen. Nur bei einer Maschine, der Aveling'schen, die der Klasse a) zugehörte, war zur Direction ein fünftes Rad oder vielmehr eine Scheibe zugefügt, die gleichsam die vorderste Spitze der Maschine bildete.

2) Gehen wir weiter noch auf deutsche Verhältnisse und Ansprüche über, so läßt sich wohl sagen, daß einerseits bis jetzt die nach englischen

Mustern construirten Maschinen keineswegs vollkommen zufrieden stellen, andernseits im besten Falle eine Anwendung dieser Maschine für die unter a) und b) erwähnten Zwecke zu erwarten steht. Für diese Zwecke sind denn auch bereits einige Maschinen aus der Aveling'schen Fabrik an verschiedenen Orten in Thätigkeit, und wollen wir dem Leser noch schließlich eine speciellere Beschreibung solch einer Maschine geben:

Man stelle sich eine gewöhnliche einfache englische Locomobile vor. Mit dem Drehschemel der Vorderräder (Laufräder) ist ein rahmenförmiger Schnabel (der von oben gesehen ein gleichschenkliges Dreieck bildet, dessen Spitze außerhalb der Locomobile liegt) verbunden, der am äußersten Ende mit einer scharfkantigen, eisernen und um eine horizontale Axe drehbare Scheibe versehn ist, durch deren geeignete Wendung in vertikaler Richtung der Maschine die Richtung ertheilt werden kann, nach welcher sie sich beim Fahren bewegen soll. Diese Wendung wird von dem Führer an einem Hebel ausgeführt, während derselbe seinen Sitz über den Vorderrädern hat.

Zur Uebertragung der Bewegung auf die Triebräder ist zunächst auf der Kurbelwelle der Maschine ein kleines Rad gekeilt, das ein zweites größeres bewegt, auf dessen Drehaxe ein kleines Kettenrad befestigt ist. Ein korrespondirendes größeres Kettenrad ist mit einem der größern Wagenräder (Hinterräder) fest verbunden, so daß bei Betrieb der Dampfmaschine auch die Hinterräder in Bewegung gesetzt und dadurch die Maschine fortbewegt wird.

Wie uns bekannt geworden, sind gegenwärtig mehrere größere Maschinenfabriken Deutschlands mit entsprechenden Verbesserungen von locomotiven Dampfmaschinen beschäftiget, die dahin zielen, einerseits die Fahrgeschwindigkeit bei genügender Sicherheit vergrößern zu können, andernseits die ganze Maschine auf Federn zu bauen, endlich ein sofortiges Anhalten und Abfahren der Maschinen möglich zu machen.

Weitere Literatur über locomobile Dampfmaschinen: Locomobile zum Wasserheben von Hubert, J. 3. 1862, S. 43. — Ueber Funkenfänger zu Locomobilen und Locomotiven von Rühlmann, J. 2. 1862, Bd. 163, S. 2. — Ueber Balk's Dynamometer zur Prüfung von Locomobilen von Rühlmann, J. 2. 1862, Bd. 164, S. 1.

Literatur

über Calorische-, Gas- und verwandte Kraft-Maschinen.

Ueber die calorische Maschine von Schinz, J. 2. 1862, Bd. 166, S. 185.

Versuche mit einer calorischen Maschine, J. 3. 1862, S. 485.

Luft-Maschine von Edwards, J. 2. 1862, Bd. 163, S. 252.

Luft-Maschine von Piobert, J. 2. 1862, Bd. 164, S. 324.

Ueber Gewinnung comprimirter Luft als Triebkraft, J. 2. 1862, Bd. 163, Seite 78.

Versuche mit einer Gasmaschine, J. 2. 1862, Bd. 163, S. 161.

Regenerativ-Gas-Maschine von Siemens, J. 3. 1862, S. 1457.

Leipzig
Druck von Giesecke & Devrient.

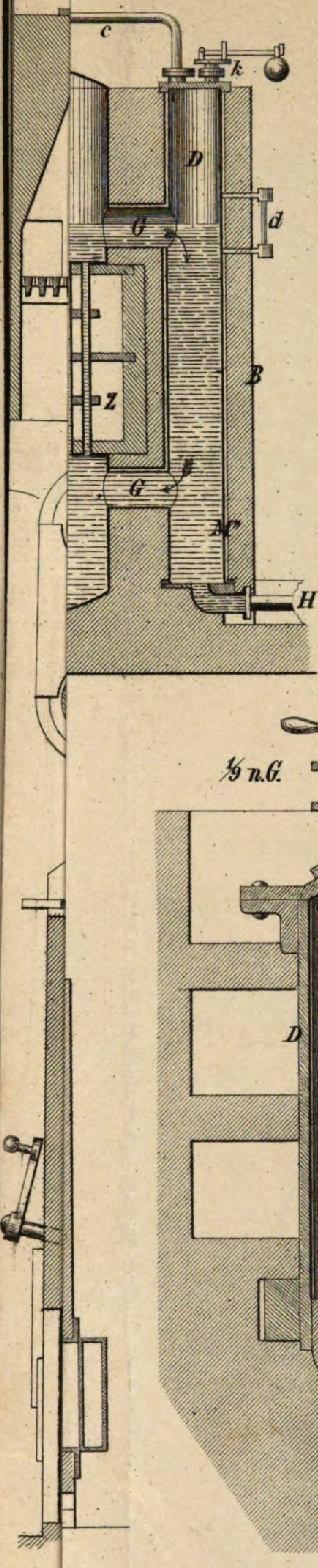


Fig. 12.

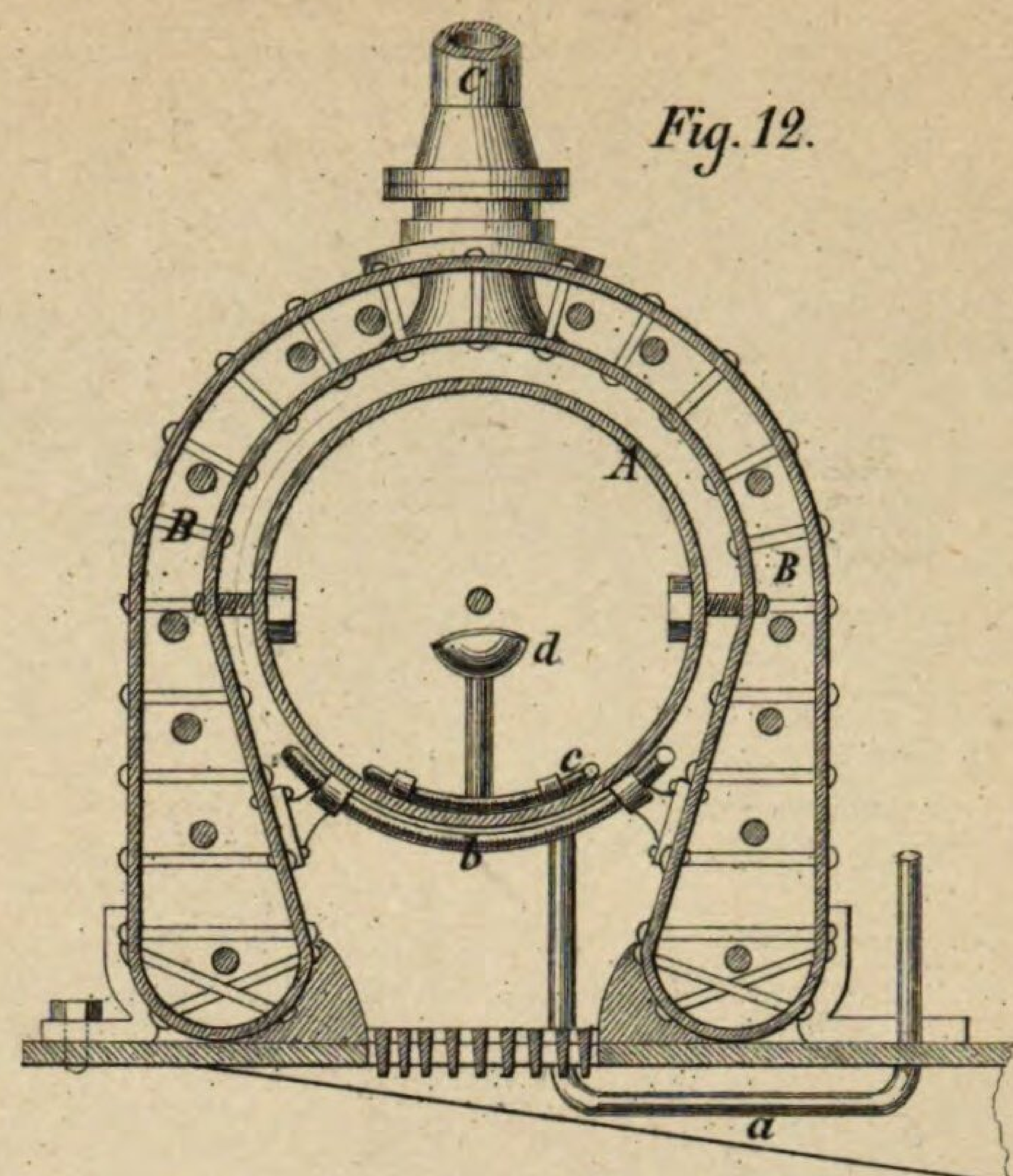
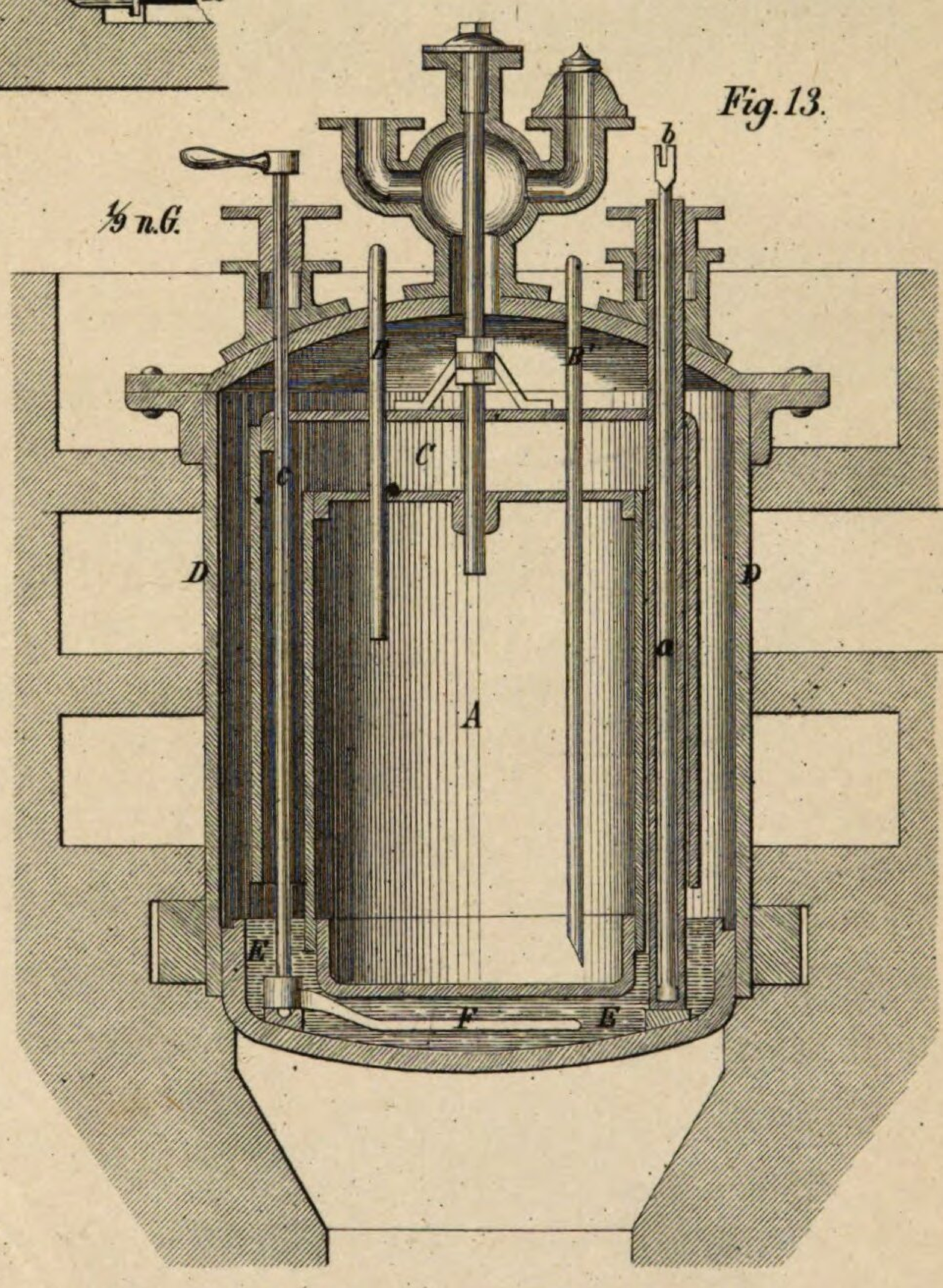


Fig. 13.

1/9 n.G.



Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

n.G.

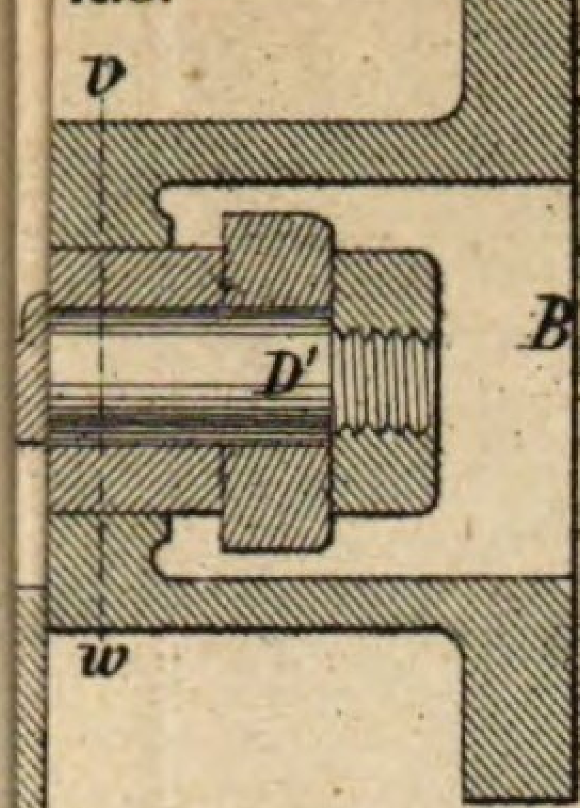


Fig. 22.

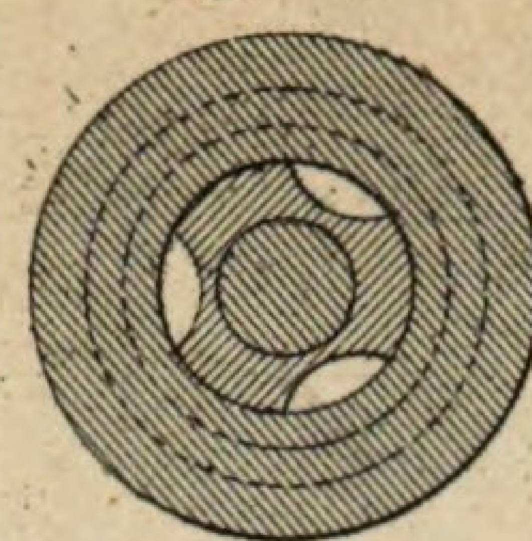


Fig. 18.

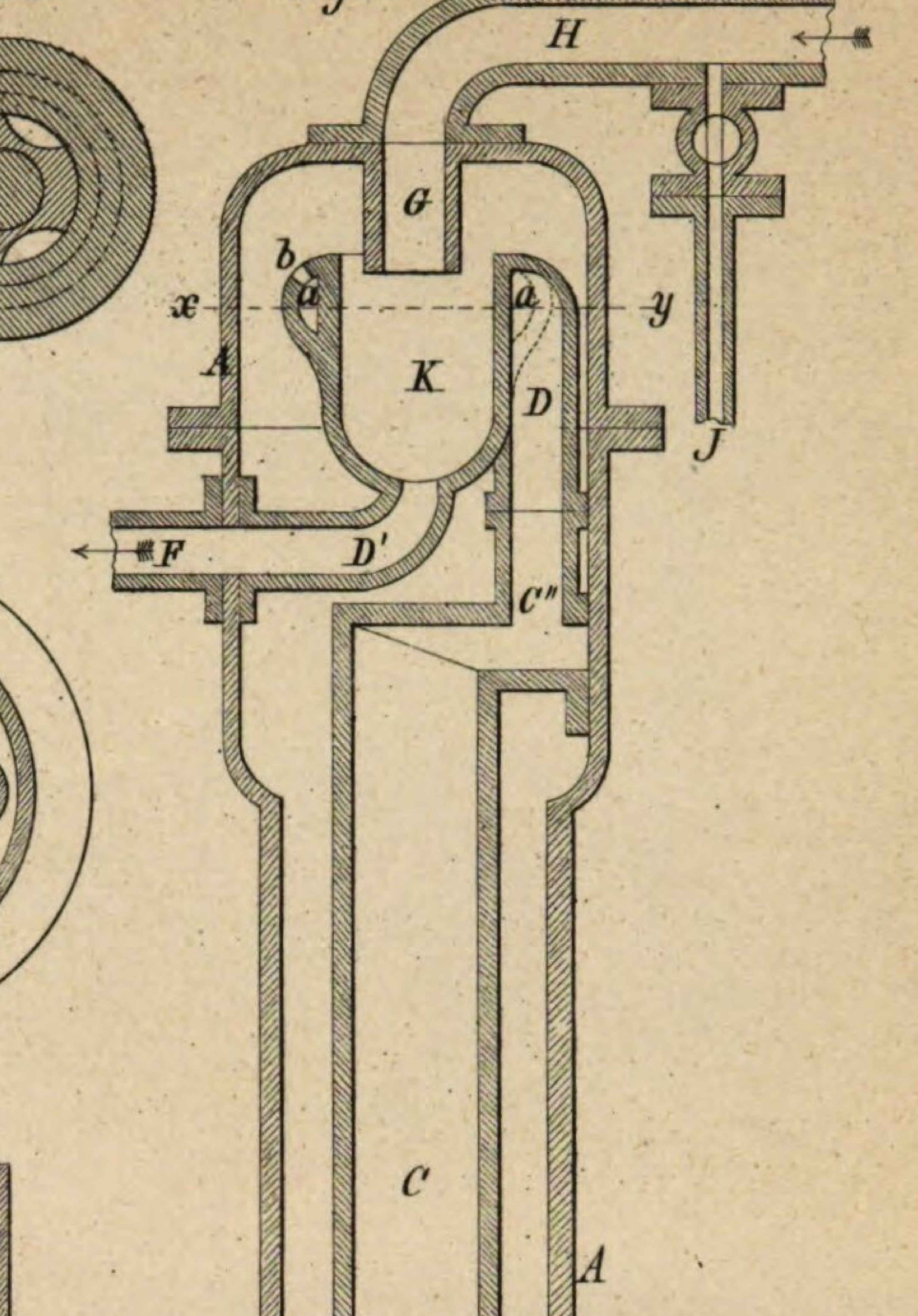


Fig. 19.

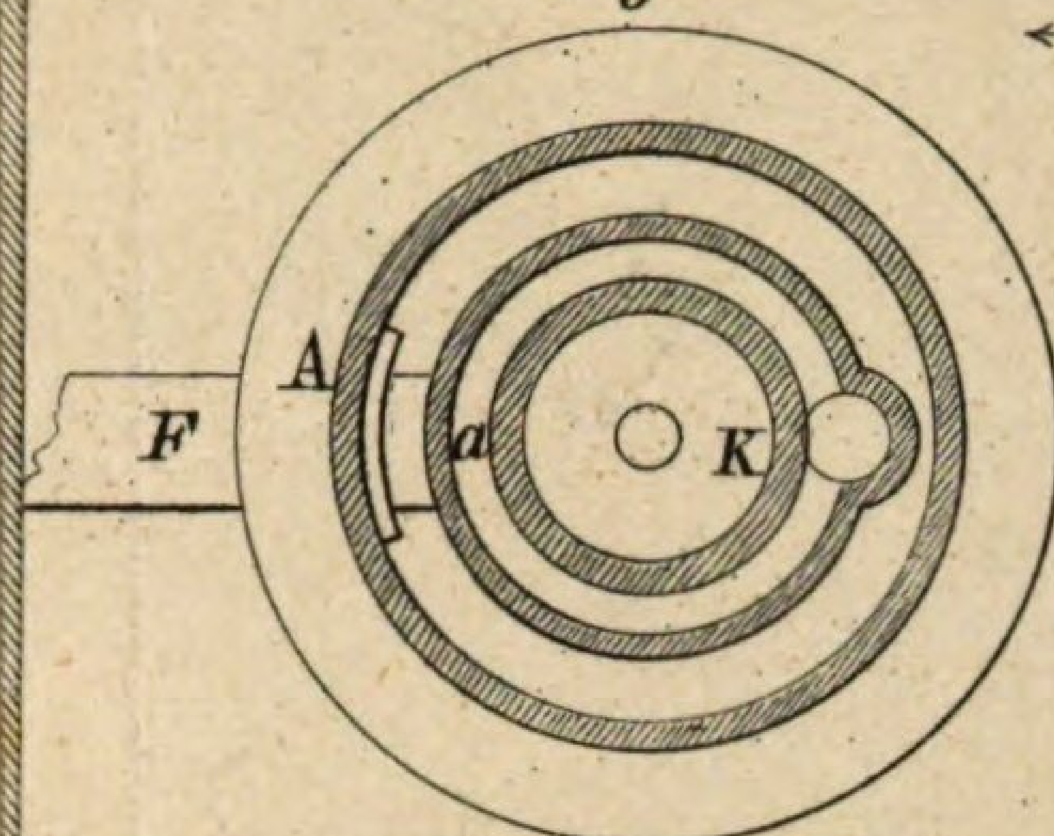


Fig. 24.

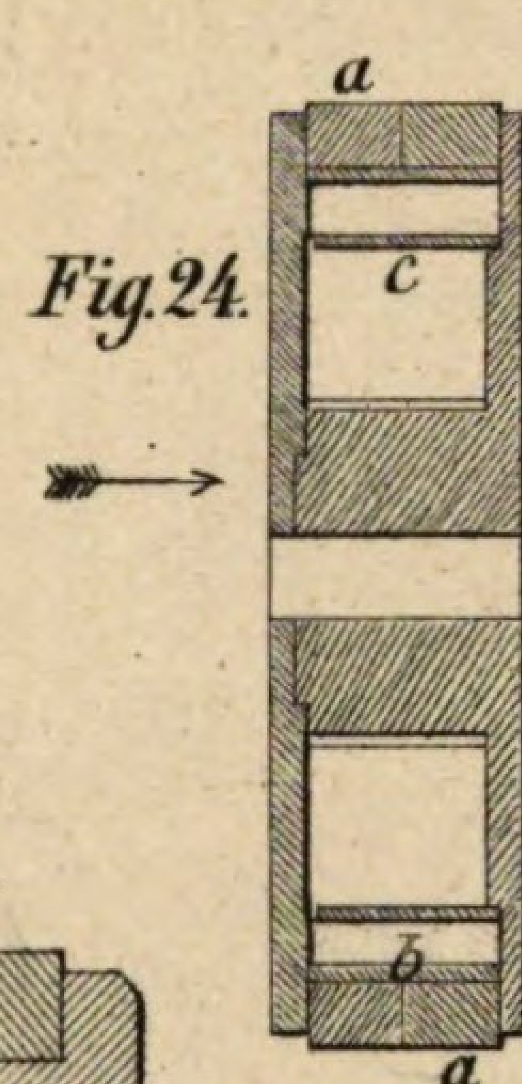


Fig. 25.

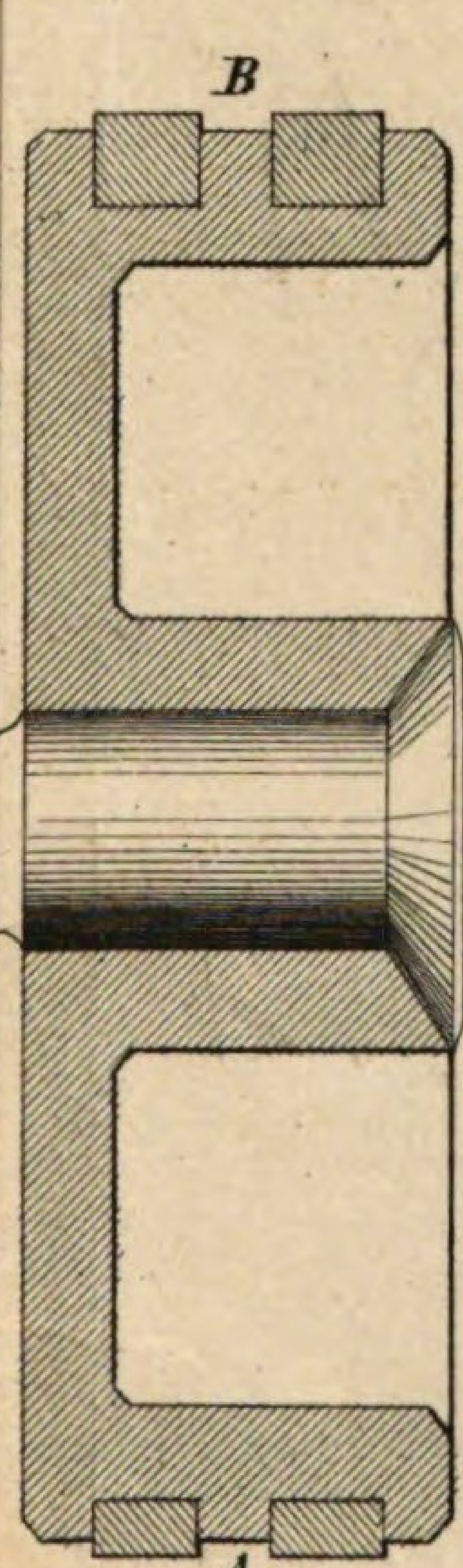
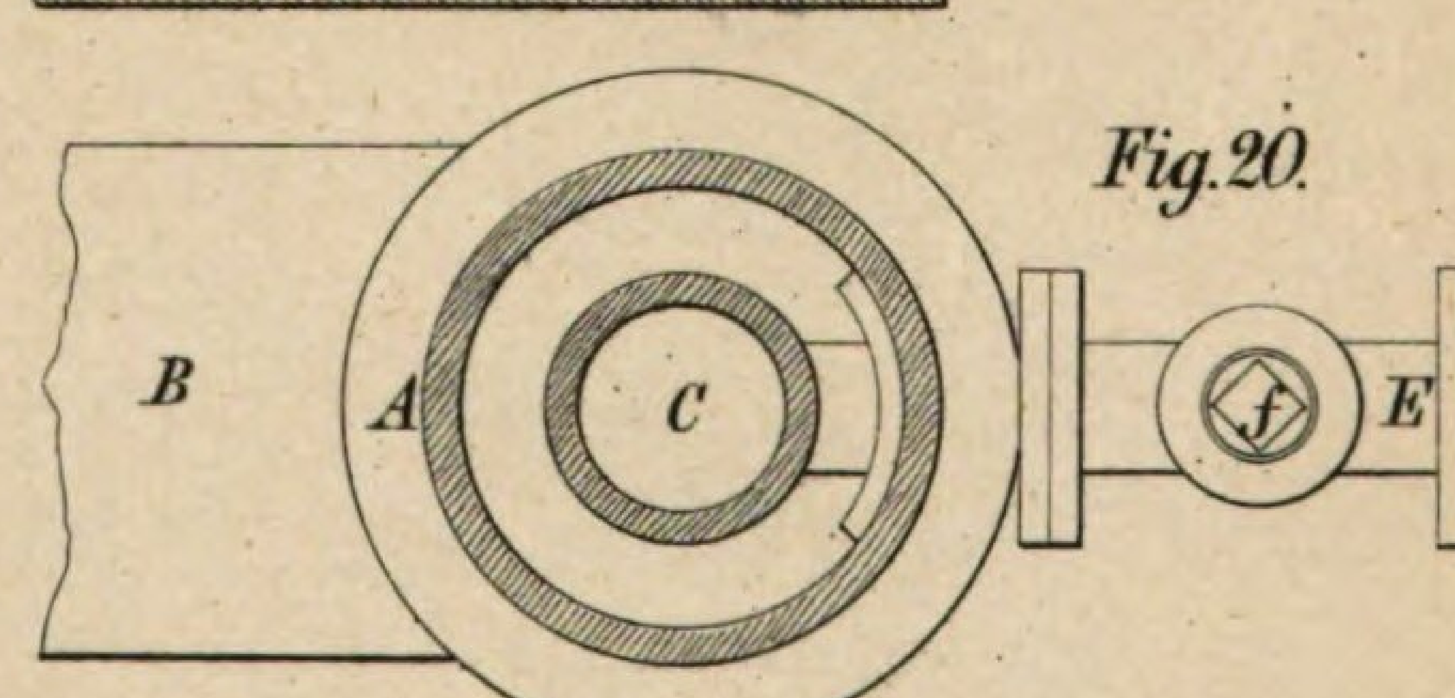
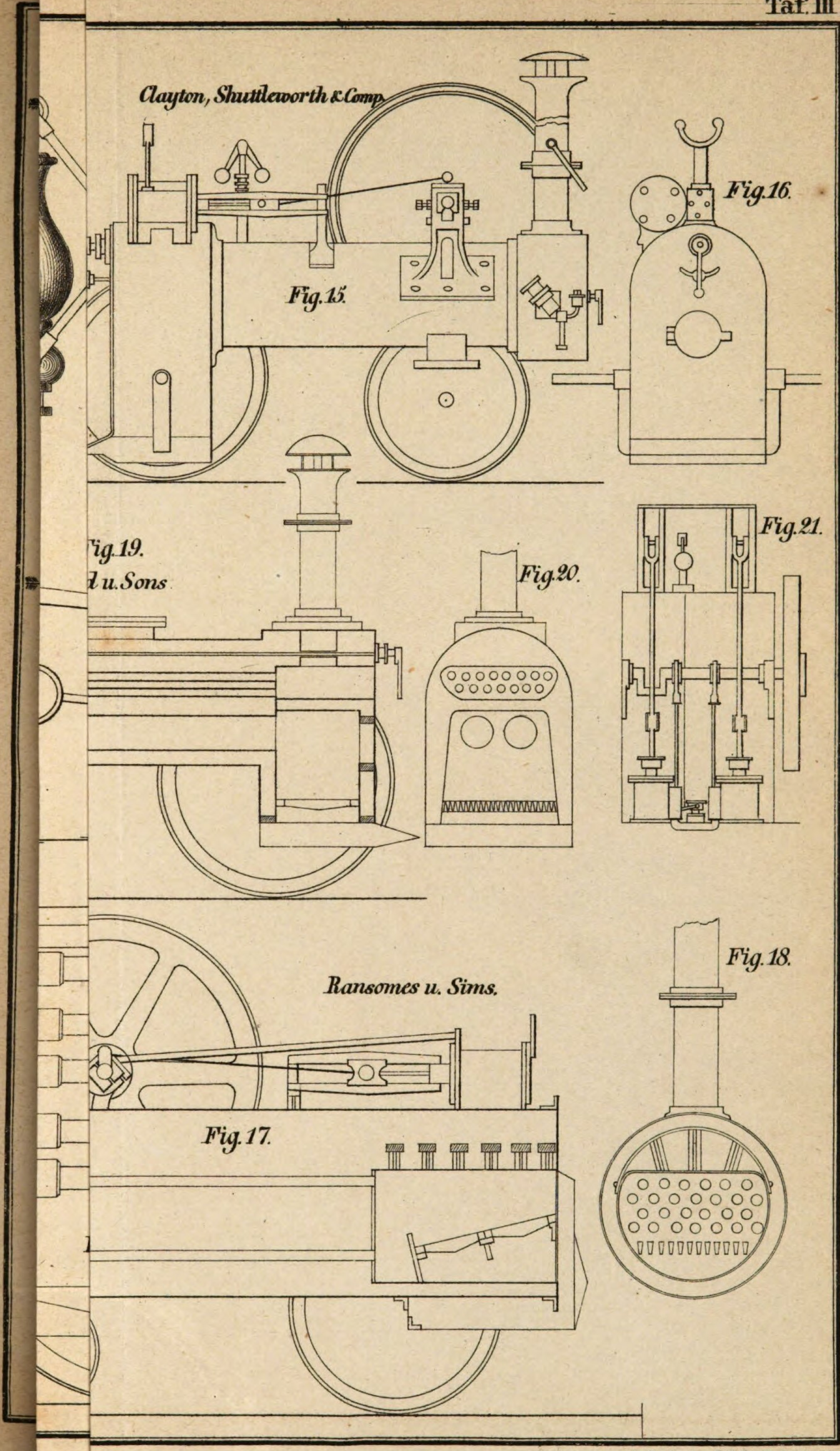


Fig. 20.





Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

Leipzig, Druck von Giesecke & Devrient.